



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Sociales

Escuela Profesional de Geografía

Vulnerabilidad del poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa. Distrito de Lurigancho – Chosica

TESIS

Para optar el Título Profesional de Geógrafo

AUTOR

Héctor Albert LAVADO SÁNCHEZ

ASESOR

Miguel Ángel COMECA CHUQUIPUL

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Lavado, H. (2019). *Vulnerabilidad del poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa. Distrito de Lurigancho – Chosica*. Tesis para optar el título profesional de Geógrafo. Escuela Profesional de Geografía, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código Orcid del autor: sin dato

Código Orcid del asesor: 0000-0001-9305-8428

DNI del autor: 46197324

Grupo de investigación: sin dato

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Instituto Geofísico del Perú

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación:

Distrito: Lurigancho

Provincia: Lima

Departamento: Lima

Coordenadas:

UTM WGS 84

294000; 8676000

Año o rango de años que la investigación abarcó: 2 años



ACTA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE GEOGRAFO

En Lima a los tres días del mes de octubre del dos mil diecinueve, reunidos en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Sociales, bajo la presidencia del Dr. Juan Felipe Meléndez de la Cruz y con la asistencia de los miembros del Jurado y del Vicedecano Académico de la Facultad, se dio inicio a la sustentación de la Tesis presentada por el Bachiller **Héctor Albert Lavado Sánchez**, para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE GEOGRAFO**, titulada:

"VULNERABILIDAD DEL POBLADO DE CAJAMARQUILLA ANTE LOS MOVIMIENTOS EN MASA, DISTRITO DE LURIGANCHO- CHOSICA"

A continuación se formularon las preguntas y observaciones por parte de los miembros del Jurado. Luego de absueltas, el Jurado procedió a calificar la exposición de la Tesis obteniendo la nota:

Dieciséis (16)

El Jurado, de conformidad al Reglamento General de Grados y Títulos de la Facultad, acordó otorgar al Bachiller **Héctor Albert Lavado Sánchez**, el **TÍTULO PROFESIONAL DE GEOGRAFO** y para dar constancia se extendió la presente Acta y firmaron:

Dr. Juan Felipe Meléndez De La Cruz
Presidente

Mag. Walter Javier Díaz Cartagena
Miembro

Geóg. Luis Felipe Guillen Pastus
Miembro

Dr. Miguel Ángel Comeca Chuquipul
Asesor

Dr. Francisco Quiroz Chiribay
Vicedecano Académico



FQCH/cup

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres José y Delia, a mis familiares, amigos y en especial a mi hermana Natty, que a pesar de tenerla al lado de Dios, sigue presente en mis recuerdos como la persona que más confianza y apoyo me brindo para alcanzar mis metas y anhelos profesionales.

Héctor Lavado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Comeca Chuquipul, docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y al Ing. Juan Carlos Gómez, director de la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida del Instituto Geofísico del Perú (IGP), personas que han colaborado como asesores para la formulación y realización de la presente tesis de investigación.

También agradezco a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Decana de América, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi carrera universitaria en esta prestigiosa casa de estudios, de igual manera a cada uno de los docentes por haberme transmitido sus conocimientos y experiencias, las mismas que han contribuido en mi formación como profesional en geografía.

RESUMEN

El poblado de Cajamarquilla, localizado en el distrito de Lurigancho, es afectado continuamente por el impacto de movimientos en masa de tipo flujo aluvional que se suscita a lo largo del cauce de la quebrada Jicamarca.

El desborde de este tipo de movimiento en masa, afecta áreas agrícolas, granjas, viviendas e industrias, que en conjunto permiten estimar niveles de vulnerabilidad de tipo social, económico y ambiental, cuyos reportes de incidencias más resaltantes y documentados se suscitaron en los años de 1983, 1987, 1998 y 2017.

La investigación partió por la evaluación del evento aluvional, haciendo uso de imágenes satelitales, fotografías aéreas, crónicas y relatos, además de la estimación del índice de susceptibilidad a eventos aluvionales en la quebrada Jicamarca, importante para el análisis de este peligro. Asimismo, los tres tipos de vulnerabilidad citados, fueron analizados a partir del uso de indicadores clasificados según los factores de exposición, fragilidad y resiliencia, además de la valorización de estos, bajo un Proceso de Análisis Jerárquico para el cálculo de los niveles de predisposición ante el evento.

Palabras clave: flujo aluvional, vulnerabilidad social, vulnerabilidad económica y vulnerabilidad ambiental.

ABSTRACT

The town of Cajamarquilla, located in the district of Lurigancho, is affected by the impact of alluvial flow mass movements that occur along the course of the Jicamarca creek.

The overflow of this type of mass movement affects agricultural areas, farms, housing and industries, which together allow estimating social, economic and environmental levels of vulnerability, whose most outstanding and documented incidents were reported during the years of 1983, 1987, 1998 and 2017.

The investigation starts with the evaluation of the alluvial event, the use of satellite images, aerial photographs, chronicles and stories, as well as the index of susceptibility to alluvial events in the Jicamarca stream, important for the analysis of this danger. Likewise, the factors of exposure, fragility and resilience will be analyzed, as well as the valuation of these, under a Hierarchical Analysis Process for the calculation of the predisposition levels before the event.

Keywords: alluvial flow, social vulnerability, economic vulnerability and environmental vulnerability.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Antecedentes.....	4
1.3. Formulación del problema.....	6
1.4. Hipótesis.....	6
1.4.1. Variables.....	6
1.5. Objetivo general.....	7
1.6. Objetivos específicos.....	7
1.7. Justificación.....	7
1.8. Metodología.....	7
1.8.1. Tipo de investigación.....	7
1.8.2. Unidad de análisis.....	8
1.8.3. Población.....	8
1.8.4. Fases de trabajo.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Movimientos en masa.....	11
2.1.1. Aluviones.....	12
2.1.2. Dinámica de flujos aluvionales.....	14
2.1.2.1. Factores intervinientes en la ocurrencia aluvional.....	16
2.1.2.2. Morfología del canal de un flujo aluvional.....	16
2.2. Vulnerabilidad.....	17
2.2.1. Tipos de vulnerabilidad.....	18
2.2.2. Factores de la vulnerabilidad.....	20
2.2.2.1. Exposición.....	20
2.2.2.2. Fragilidad.....	20
2.2.2.3. Resiliencia.....	20
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	21
3.1. Aspectos, económicos, políticos y sociales.....	21
3.1.1. Límites y división política.....	21
3.1.2. Aspectos sociales y económicos.....	21
3.1.2.1. Población y vivienda.....	22
3.1.2.2. Actividad económica.....	22

3.2. Evaluación del peligro aluvional.....	23
3.2.1. Análisis de susceptibilidad.....	23
3.2.1.1. Geomorfología.....	26
3.2.1.1.1. Cuenca de recepción.....	27
3.2.1.1.2. Cuenca intermedia.....	30
3.2.1.1.3. Cuenca baja.....	33
3.2.1.2. Geología.....	38
3.2.1.2.1. Geología Regional.....	38
3.2.1.2.1.1. Formación Yangas.....	38
3.2.1.2.1.2. Formación Pamplona.....	38
3.2.1.2.1.3. Formación Atocongo.....	39
3.2.1.2.1.4. Super Unidad Patap.....	39
3.2.1.2.1.5. Super Unidad Paccho.....	39
3.2.1.2.1.6. Super Unidad Santa Rosa.....	40
3.2.1.2.1.7. Grupo Casma.....	40
3.2.1.2.1.8. Volcánico Quilmaná.....	40
3.2.1.2.1.9. Volcánico Huarochirí.....	41
3.2.1.2.1.10. Depósitos Cuaternarios.....	41
3.2.1.2.1.10.1. Depósitos aluviales.....	41
3.2.1.3. Cobertura vegetal.....	43
3.2.1.4. Obstrucción del canal.....	43
3.2.1.5. Registros históricos y reales de ocurrencias aluvionales.....	44
3.2.2. Estimación del índice de susceptibilidad.....	51
3.2.3. Factor desencadenante.....	51
3.3. Vulnerabilidad.....	57
3.3.1. Primer asentamiento poblacional.....	57
3.3.2. Análisis de Vulnerabilidad.....	60
3.3.2.1. Indicadores de evaluación social.....	61
3.3.2.1.1. Factor de exposición.....	61
3.3.2.1.2. Factor de fragilidad.....	63
3.3.2.1.3. Factor de resiliencia.....	63
3.3.2.2. Indicadores de evaluación económica.....	66
3.3.2.2.1. Factor de exposición.....	66

3.3.2.2.2. Factor de fragilidad.....	66
3.3.2.2.3. Factor de resiliencia.....	70
3.3.2.3. Indicadores de evaluación ambiental.....	72
3.3.2.3.1. Factor de exposición.....	72
3.3.2.3.2. Factor de fragilidad.....	73
3.3.2.3.3. Factor de resiliencia.....	75
3.3.2.4. Estimación del nivel de vulnerabilidad.....	77
3.3.2.4.1. Vulnerabilidad social.....	78
3.3.2.4.2. Vulnerabilidad económica.....	79
3.3.2.4.3. Vulnerabilidad ambiental.....	80
3.3.2.4.4. Estimación del nivel de vulnerabilidad.....	81
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	83
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura N° 01. Ilustración de la dinámica de un flujo aluvional. Se observa el transporte de partículas de variados tamaños suspendidos y transportados en la capa superior del flujo.

Figura N° 02. Gradación inversa del depósito de un flujo aluvional (Vittorio, 2011).

Figura N° 03: Morfología de un flujo aluvional identificado en las montañas al oeste de Noruega.

Figura N° 04. Ubicación del área de estudio.

Figura N° 05. Mapa geomorfológico de la cuenca de recepción de la quebrada Jicamarca.

Figura N° 06. Mapa geomorfológico de la cuenca intermedia de la quebrada Jicamarca.

Figura N° 07. Mapa geomorfológico de la cuenca baja de la quebrada Jicamarca.

Figura N° 08. Mapa de exposición al sol de la quebrada Jicamarca.

Figura N° 09. Geología Regional. Fuente: INGEMMET 1992.

Figura N° 10. Vegetación herbácea en la cabecera de la quebrada Jicamarca.

Figura N° 11. Canal de drenaje de la quebrada Jicamarca descolmatado.

Figura N° 12. Área de influencia del evento aluvional suscitado en 1983 y 2012, delimitada por la línea color rojo.

Figura N° 13. Área de influencia del evento aluvional según el modelado computacional. Fuente: IGP & INNOVATE PERÚ (2016).

Figura N° 14. Vista en planta de la Cuenca de Jicamarca y localización de las estaciones meteorológicas utilizadas en la descripción de las precipitaciones para los años de 1983, 1987, 1998 y 2012.

Figura N° 15. Uso actual del suelo en el poblado de Cajamarquilla.

Figura N° 16. En la imagen se observan pequeños reservorios de agua a falta de una red de saneamiento.

Figura N° 17. Depósitos de basura y/o desechos antrópicos a lo largo del cauce de la quebrada Jicamarca.

Figura N° 18. Establecimiento de huertos para la crianza de porcinos, sin control de sanidad.

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro N°01. Variables independientes, dependientes e indicadores de evaluación.

Cuadro N°02: Clasificación de los Movimientos en Masa.

Cuadro N° 03: Distribución de población y vivienda.

Cuadro N°04. Ponderación máxima de factores condicionantes de flujos.

Cuadro N°05. Descripción de los factores condicionantes del flujo.

Cuadro N° 06. Ocurrencias históricas de El Niño.

Cuadro N° 07. Comparación de las manifestaciones oceanológicas e hidrológicas del fenómeno El Niño en la costa norte del Perú.

Cuadro N°08. Cronología de la ciudadela de Cajamarquilla.

Cuadro N°09. Población adulta mayor estimada en el centro poblado de Cajamarquilla.

Cuadro N°10. Población infantil estimada en el centro poblado de Cajamarquilla.

Cuadro N°11. Actividades económicas expuestas a la ocurrencia de eventos aluvionales por número de establecimientos y hectárea.

Cuadro N°12. Variación de la tasa de desempleo en el centro poblado de Cajamarquilla.

Cuadro N°13. Centro poblado de Cajamarquilla. Categorización del uso del suelo por nivel de inversión.

Cuadro N°14. Centro poblado de Cajamarquilla. Área ocupada de acuerdo al tipo de uso actual del suelo (2017).

Cuadro N°15. Índice y relación de consistencia.

Cuadro N°16. Valor del indicador de población adulta mayor e infantil.

Cuadro N°17. Valor del indicador de necesidades básicas.

Cuadro N°18. Valor del indicador de informalidad.

Cuadro N°19. Valor del indicador de participación en grupos sociales.

Cuadro N° 20. Valor del indicador de educación secundaria completa.

Cuadro N° 21. Valor del indicador de actividades socioeconómicas expuestas. La actividad industrial representa una inversión muy alta, que sería afectada.

Cuadro N°22. Valor del indicador de tasa de desocupación.

Cuadro N°23. Valor del indicador de valoración predial.

Cuadro N°24. Valor del indicador de ingreso económico mensual familiar.

Cuadro N°25. Valor del indicador del área total expuesta.

Cuadro N°26. Valor del indicador de la calidad del agua potable y de uso agrícola.

Cuadro N° 27. Valor del indicador del cumplimiento de políticas ambientales.

Cuadro N° 28. Valor del indicador de la capacitación ambiental y riesgo.

Cuadro N° 29. Clasificación del nivel de vulnerabilidad.

Cuadro N° 30. Nivel de la vulnerabilidad social: Alto.

Cuadro N° 31. Nivel de la vulnerabilidad económica: Alto.

Cuadro N° 32. Nivel de la vulnerabilidad ambiental: Alto.

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01. Precipitación diaria del mes de enero de 1983.

Gráfico N° 02. Precipitación diaria del mes de febrero de 1983.

Gráfico N° 03. Precipitación diaria del mes de marzo de 1987.

Gráfico N° 04. Precipitación diaria del mes de febrero de 1998 (Estación Autisha).

Gráfico N°05. Precipitación diaria del mes de febrero de 1998 (Estación Chosica).

Gráfico N° 06. Precipitación diaria del mes de enero de 2017.

Gráfico N° 07. Precipitación diaria del mes de marzo de 1987.

Gráfico N°08. Participación de la población de Cajamarquilla (muestra: 59 hogares) en algún grupo social.

Gráfico N°09. Porcentaje de la población de Cajamarquilla con secundaria completa (muestra: 59 hogares).

Gráfico N°10. Categorización de la población de Cajamarquilla por ingreso familiar mensual.

ACRÓNIMOS

CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

IGP: Instituto Geofísico del Perú.

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil.

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

ROJ: Radio Observatorio de Jicamarca.

SAN: Servicio Aerofotográfico Nacional.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

SINAGERD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UNICON: Unión de Concreteras.

UNMSM: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

INTRODUCCIÓN

Los movimientos en masa (MM) son aquellos que se producen ladera abajo ocasionados por efectos de los procesos de erosión y están constituidos por masas de roca, detritos o tierras (Cruden, 1991).

Varnes y Cruden (1996), clasifican cinco tipos de eventos, característicos de los MM: caída, volcamiento, deslizamiento, flujo y propagación lateral. Dentro de los materiales que los conforman se consideran: rocas y suelos.

Los eventos de tipo flujos, son de volumen relativamente grande y de corta duración, que desbordan los cauces de ríos en valles secos y en zonas semiáridas, transportando barro y fragmentos rocosos de variados tamaños, generalmente están vinculados a lluvias muy esporádicas, de corta duración y gran intensidad (A.G.I., 1950).

La interacción de estos flujos, que se suscitan en quebradas, con las distintas infraestructuras socioeconómicas tales como viviendas, puentes y carreteras, establecidas en zonas cercanas o en el cauce principal, ocasionan cuantiosas pérdidas tanto humanas como económicas. Un claro ejemplo es el poblado de Yungay – Huaraz (1970), que fue sepultado por una gran masa de sedimentos, a consecuencia de un gran aluvión que dejó más de 18000 muertos (diario el Comercio, 1970), es preciso indicar que la ubicación de esta ciudad en el cauce de una quebrada susceptible a la ocurrencia de aluviones, fue el principal problema del desastre.

En Lima, se observa la presencia de estos eventos en quebradas o torrentes como las localizadas en la unidad hidrográfica del Rímac: Quirio, Pedregal, Corrales y Jicamarca (ubicadas dentro del distrito de Lurigancho – Chosica).

La quebrada Jicamarca se localiza a 10 km en dirección NE del centro de Lima; en ella, el proceso de erosión es permanente, entre los meses de enero – abril con magnitudes variadas que afectan asentamientos humanos (AAHH) como Saracoto, Cajamarquilla, La Florida, Santa Rosa, entre otros, además de infraestructuras comerciales e industriales establecidas en zonas próximas al cauce de la quebrada en mención.

Indicada la problemática en Jicamarca, en esta investigación se delimitó el área de influencia del evento aluvional (huellas de ocurrencia) a partir de relatos y crónicas, además de la estimación del volumen de suelo susceptible a ser acarreado por el peligro y niveles de vulnerabilidad social, económica y ambiental, descritos en los capítulos posteriores.

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Por la ubicación geográfica de nuestro país, características físicas, geológicas, cambio climático y otros factores influyentes, se presentan distintos peligros, que pueden agruparse por su origen como antrópicos y/o naturales. Estos últimos se manifiestan mediante sismos, erupciones volcánicas, tsunamis y movimientos en masa que afectan a las actividades socioeconómicas, viviendas e infraestructuras de servicios básicos vitales, debido a la exposición y ubicación de los últimos en zonas susceptibles a estos eventos.

Particularmente, los movimientos en masa, definidos como procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, se tipifican en deslizamientos, derrumbes, aludes, flujos de lodo, flujos hiperconcentrados, flujos de detritos, entre otros. Estos últimos, se caracterizan por presentar un desplazamiento rápido y violento, que bajo una acción cortante de la erosión acarrea una mezcla de sedimentos de variada granulometría y bloques de roca de grandes dimensiones, ocasionando daños en las distintas localidades del país.

Los flujos de lodo, hiperconcentrados y detritos, se presentan en espacios geográficos con fuertes pendientes, inestabilidad de laderas y altas precipitaciones, ejemplo de ello son las quebradas, que forman parte de cuencas hidrográficas como la del Rímac.

La cuenca del Rímac está constituida por quebradas como Quirio, Pedregal, Castilla, Jicamarca, entre otras, ubicadas en su mayoría en el distrito de Lurigancho – Chosica. Ésta localidad se encuentra expuesta y es afectada por la ocurrencia de flujos citados en el párrafo anterior, que ocasionan daños y pérdidas económicas, además de vidas humanas.

La quebrada Jicamarca, no es ajena a la ocurrencia de estos tipos de flujos que afectan las actividades económicas e infraestructuras físicas establecidas a lo largo de la llanura aluvial de la quebrada. El último evento registrado en este lugar, fue en el mes de febrero del 2012, el cual ocasionó grandes daños en las viviendas asentadas en los sectores de Residencial Cajamarquilla, Milenium, Villa Florida y Saracoto, además de carreteras, canales de riego, áreas agrícolas, entre otros.

Debe señalarse que, los lugares citados en el párrafo anterior, son parte de los 9 sectores urbanos que conforman el centro poblado de Cajamarquilla. Este poblado, sumado a las empresas industriales, áreas de cultivo, huertos y viviendas, se encuentran afectadas por los flujos descritos que se producen entre los meses de enero - abril en la quebrada Jicamarca.

Ante el problema descrito, se buscó estimar el nivel de predisposición o susceptibilidad tanto para el ámbito social como el económico y ambiental del centro poblado de Cajamarquilla, con la finalidad de adoptar medidas de reducción del riesgo.

1.2 Antecedentes

La siguiente información obtenida de los informes de emergencia de INDECI (2012) y Estudios de Impacto Ambiental (a cargo de la consultora WALSH, a solicitud de la Refinería de Cajamarquilla), está referida a las características físicas de las quebradas, nombradas localmente, Jicamarca, Huaycoloro y Río Seco.

- WALSH (2012)

Describe que la subcuenca de Jicamarca, se caracteriza por presentar una llanura aluvial muy angosta, compuesto por suelos detríticos sueltos y poco compactados, de textura media a gruesa.

- INDECI (2012)

Describe que el desborde del río Huaycoloro, ocurrido el 10 de marzo del 2012 en la Cuenca de Jicamarca, ocasionó el colapso de 47 viviendas; 74 fueron declaradas inhabitables y 139 viviendas, afectadas en las localidades del Haras del Huayro, Pampa Chiri, Huachipa Norte, Villa Leticia, Cajamarquilla, Saracoto, entre otros

- Kuroiwa y Castro (1987)

Indican que en 1983 se registró un evento Niño que, afectó el clima de todo el país y tuvo un radio de acción muy amplio, ocasionando precipitaciones extraordinarias entre el mes de diciembre (1982) a junio (1983), incrementando el volumen de agua de los ríos y la reactivación de las diferentes quebradas.

Cabe indicar que, para estimar el nivel de daño causado por los eventos aluvionales en el asentamiento humano Saracoto y demás sectores, es importante identificar las infraestructuras afectadas y la caracterización de éstas a partir de testimonios y/o relatos de pobladores tales como:

El poblador Daniel Álvarez Tóvar de 80 años de edad, del Asentamiento Humano La Florida señala que: “hubo un gran huayco más o menos en febrero de 1983 que se llevó muchas casas, bodegas, animales como los cerdos, gallinas, tapo también toda la pista”. [Ésta declaración describe el alcance del flujo aluvional en la margen izquierda del cauce de la quebrada Jicamarca (avenida Cajamarquilla), delimitado en los próximos capítulos]

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad del centro poblado de Cajamarquilla ante la ocurrencia de movimientos en masa en la quebrada Jicamarca?

1.4 Hipótesis

El nivel de vulnerabilidad del centro poblado de Cajamarquilla es alto ante la ocurrencia de movimientos en masa del tipo flujos, en la quebrada Jicamarca.

1.4.1 Variables

Las variables dependientes e independientes de la presente investigación, parten de las hipótesis establecidas respecto al análisis de la vulnerabilidad y la evaluación de los movimientos en masa de tipo flujos que se describen en el Cuadro N° 01. Asimismo, se citan los indicadores que permiten cuantificar y cualificar éstas variables.

Independientes	Dependientes	Indicadores
Movimientos en masa de tipo flujos	General	General
	Nivel de vulnerabilidad	Nivel de vulnerabilidad social
		Nivel de vulnerabilidad económica
		Nivel de vulnerabilidad ambiental
	Específicos	Específicos
	Vulnerabilidad social	Nivel de exposición
		Nivel de fragilidad
		Nivel de resiliencia
	Vulnerabilidad económica	Nivel de exposición
		Nivel de fragilidad
		Nivel de resiliencia
	Vulnerabilidad ambiental	Nivel de exposición
		Nivel de fragilidad
		Nivel de resiliencia

Cuadro N° 01. Variables independientes, dependientes e indicadores de evaluación.

1.5 Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad del centro poblado de Cajamarquilla ante la eventual ocurrencia de movimientos en masa en la quebrada Jicamarca.

1.6 Objetivos Específicos

Estimar el nivel de vulnerabilidad social del centro poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa.

Estimar el nivel de vulnerabilidad económica del centro poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa.

Estimar el nivel de vulnerabilidad ambiental del centro poblado de Cajamarquilla ante los movimientos en masa.

1.7 Justificación

La investigación permitirá estimar los niveles de vulnerabilidad social, económica y ambiental del centro poblado de Cajamarquilla ante las ocurrencias de movimientos en masa en la quebrada Jicamarca, con la finalidad proponer medidas de reducción de probables pérdidas o daños y ser tomado en cuenta como una fuente de información esencial para la planificación y ordenamiento territorial.

1.8 Metodología

1.8.1 Tipo de investigación

- Investigación exploratoria: Se tomará en cuenta este tipo de investigación porque permite realizar los siguientes objetivos: analizar el problema, la toma de datos en campo, conocer las causas de las ocurrencias de los flujos de lodo, hiperconcentrados y detritos; además de inspeccionar las condiciones de vulnerabilidad del centro poblado de Cajamarquilla.

- Investigación explicativa: Asimismo, este trabajo de investigación será del tipo explicativo, ya que se indicarán las condiciones en las que ocurren los flujos y la caracterización de las actuales condiciones de vulnerabilidad social, económica y ambiental del centro poblado de Cajamarquilla.

1.8.2. Unidad de análisis

Lo constituye la población total del centro poblado de Cajamarquilla, las actividades económicas desarrolladas en el lugar y variables de la conservación ambiental.

1.8.3 Población

Conformado por los 3078 habitantes y 438 viviendas del centro poblado de Cajamarquilla (OSEL, 2008).

1.8.4 Fases de trabajo

La investigación se desarrolló en las siguientes cuatro fases:

Fase 1. Recopilación de información bibliográfica:

- Recopilación de información cartográfica y bibliográfica referente a las características físicas de la quebrada Jicamarca (geología, geomorfología, clima, pendiente, topografía, etc.), en entidades como el Radio Observatorio Jicamarca, Instituto Geofísico del Perú, VOTORANTIM METAIS (EIA), Instituto Geológico Minero y Metalúrgico e Instituto Geográfico Nacional. La descripción histórica de ocurrencia de flujos, se realizó considerando los reportes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), entrevistas a los pobladores, hemeroteca de la Biblioteca de la UNMSM; los aspectos socioeconómicos, delimitación y uso de suelo se obtuvieron de entidades como el Instituto Nacional de Estadística e Informática y la municipalidad de Lurigancho-Chosica.

- Identificación de las características físicas de la quebrada Jicamarca, además del análisis del crecimiento poblacional del centro poblado de Cajamarquilla con imágenes satelitales y fotografías aéreas del Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN).
- Construcción histórica de ocurrencias de flujos en la quebrada Jicamarca.
- Elaboración de encuestas y fichas para el análisis de la vulnerabilidad social, económica y ambiental en el centro poblado de Cajamarquilla.
- Elaboración de mapas temáticos: geología (regional y local), geomorfológico, pendientes, isoyetas, modelo digital de terreno, geodinámica; mapa de vulnerabilidad.
- Coordinación previa con el director del Radio Observatorio Jicamarca y representantes del centro poblado de Cajamarquilla para la inspección en campo.

Fase 2. Reconocimiento del ámbito de estudio

- Delimitación del área de estudio y reconocimiento de características físicas de la quebrada Jicamarca.

Fase 3. Trabajo de Campo

- Evaluación de las características físicas en la quebrada Jicamarca de acuerdo a los puntos de estudios identificados, analizando los canales de drenaje, pendientes, geología, geomorfología, depósitos de eventos aluvionales, entre otros, con una inspección en los meses de diciembre – febrero.

- Aplicación de encuestas y fichas para la estimación de la vulnerabilidad social, económica y ambiental del centro poblado de Cajamarquilla en el mes de febrero.

Fase 4. Gabinete

- Clasificar y ordenar en una base de datos la información recopilada en la evaluación de las características físicas de la quebrada Jicamarca, además de fichas y encuestas utilizadas en la evaluación de la vulnerabilidad social, económica y ambiental de Cajamarquilla.
- Analizar la información de ocurrencias de flujos en la quebrada Jicamarca, de acuerdo a los datos obtenidos en campo.
- Analizar la información recopilada de las condiciones de vulnerabilidad en Cajamarquilla.
- Elaboración de los mapas (topográficos, geomorfológicos, peligro, vulnerabilidad, entre otros.), plano (ubicación de predios) y descripción de las principales fotografías a ser incorporadas en el informe de investigación.
- Interpretación de la información procesada y representada en mapas temáticos.
- Elaboración del informe final.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

La probabilidad de que un poblado (Asentamiento Humano Saracoto) y sus medios de vida sufran pérdidas y daños por la ocurrencia o el impacto de peligros de origen natural tales como los movimientos en masa, dependerá de la condición de vulnerabilidad y/o nivel de exposición que este lugar presente (Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, 2011). Por ello, en los siguientes subcapítulos, se definen y fundamentan teóricamente los movimientos en masa y la vulnerabilidad en sus tres tipologías: social, económica y ambiental.

2.1 Movimientos en Masa

Son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, y donde la fuerza de gravedad actúa en forma constante y más aún cuando un agente erosivo (el agua) arrastra materiales pendiente abajo (Grupo de Estándares para Movimientos en Masa, 2007).

Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre), actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana. (INDECI, 2011).

Las clasificaciones de los movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana. Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, éstos últimos subdivididos en detritos y tierra. De esta manera, presenta definiciones para varias posibles combinaciones de tipo de movimiento y material, Cuadro N° 02.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión y gelifluxión
Deformaciones Gravitacionales Profundas	

Cuadro N° 02: Clasificación de los Movimientos en Masa. Fuente: Varnes (1978).

Asimismo, entre los movimientos de masa de tipo flujo, se pueden mencionar a los aluviones, que se definen a continuación.

2.1.1 Aluviones

Los aluviones son flujos de desplazamiento violento de una gran masa de agua, con mezcla de sedimentos de variada granulometría, que se desplace con una gran velocidad a través de quebradas o valles debido principalmente a las intensas precipitaciones o desembalses violentos. En este tipo de eventos, los clastos y materiales finos se depositan en forma desordenada.

El Instituto Geológico Americano (1950), indica que un aluvión es un flujo repentino (flash flood), que se define como un flujo o torrente de volumen relativamente grande y de corta duración, que desborda los cauces de ríos en valles secos, en zonas semiáridas, transportando una enorme

carga de barro y fragmentos rocosos, generalmente vinculados a lluvias muy esporádicas, de corta duración y gran intensidad.

Este peligro de origen natural presenta tres fases en su dinámica, los cuales se representan por tres tipos de flujos: Detritos, hiperconcentrados y lodo.

- a. Flujos de detritos: Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes (GEMMA, 2007)..
- b. Flujos hiperconcentrados: formado por una mezcla de partículas gruesas y agua. predominan las partículas granulares (arenas, gravas, canto rodados y bloques), por lo tanto la mezcla no tiene cohesión (atracción entre partículas). La concentración de sedimentos varía entre un 20 y 60% en volumen. Cuando las concentraciones de solidos son bajas, los materiales se concentran en la parte inferior del flujo, pero al aumentar la concentración, las partículas se dispersan a través de todo el flujo, convirtiéndose en flujo de detritos o escombros (Castillo 2006).
- c. Flujos de lodo: generalmente consisten en altas concentraciones de partículas finas (limo y arcilla). Según Varnes (1978), los flujos de lodo son distinguidos por la presencia de al menos 50% de arena, sedimento y partículas del tamaño de la arcilla. Estos flujos son viscosos, durante la sedimentación existe clasificación de partículas.

2.1.2. Dinámica de los flujos aluvionales

El flujo aluvional se inicia con el acarreo de partículas finas a causa del escurrimiento originado por las precipitaciones en la zona de recepción, el aumento del espesor de los sedimentos transportados y la movilización de clastos más grandes se da en el canal preexistente del evento (flujo hiperconcentrado).

En los aluviones al igual que en la dinámica de los ríos, las capas inferiores presentan mayor velocidad que las superiores. El transporte de los materiales de dimensiones más grandes, se dan en la parte superior del flujo (Figura N° 01), esto ocasiona un proceso de depositación de gradación inversa (Figura N° 02).

Debe resaltarse que los materiales acarreados en suspensión [figura 01 (A)], convergen en la zona frontal por diferencia de velocidades y que van cayendo hasta formar una represa de gran espesor; ésta barrera formada por la dinámica del flujo, pasa por un proceso de alta fricción ocasionando la desaceleración del evento [figura 01 (B)]. Al disminuir la pendiente y el paso final del flujo a una zona llana, la energía de este evento natural irá disminuyendo y las partículas se asentarán hasta finalizar la dinámica del evento aluvional [figura 01 (C)]. Cabe indicar que en esta última parte, el flujo se disipa horizontalmente depositando sedimentos acarreados, hasta quedar completamente paralizado.

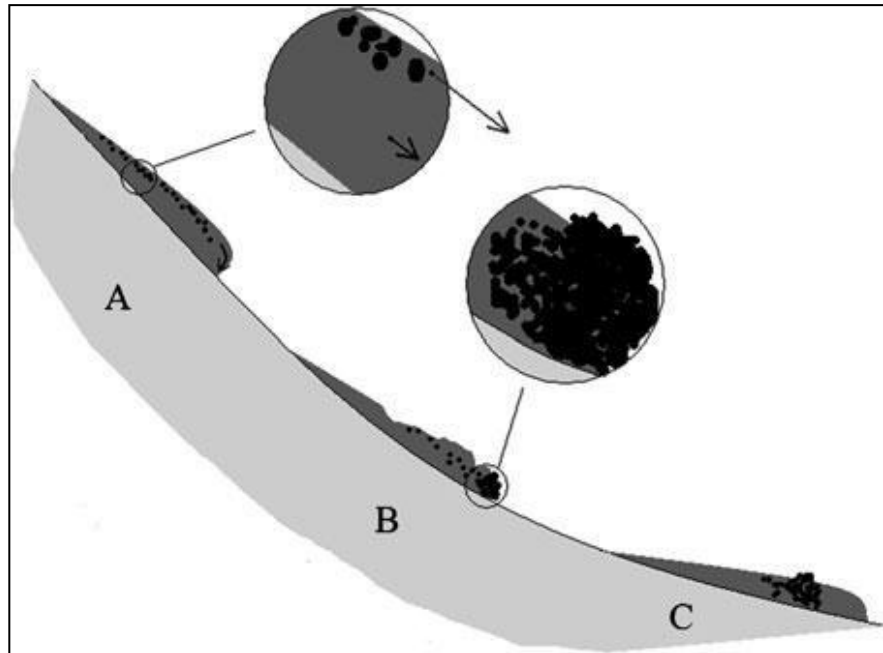


Figura N° 01. Ilustración de la dinámica de un flujo aluvional. Se observa el transporte de partículas de variados tamaños suspendidos y transportados en la capa superior del flujo.



Figura N° 02. Erosión del depósito de un flujo aluvional (Vittorio 2011).

La ocurrencia de este evento se suscita por la interacción de los factores intervinientes y la morfología del canal.

2.1.2.1. Factores intervinientes en la ocurrencia Aluvional

Descrita la morfología del canal de un flujo aluvional en el ítem anterior, se indican ahora los factores influyentes en la ocurrencia de este evento. Según Vittorio (2011) los elementos a considerar son:

- a. Área de la cuenca de recepción: A mayor área, mayor es la cantidad de agua captada y consecuentemente mayor volumen del flujo.
- b. Pendiente: A mayor pendiente, mayor es la velocidad del flujo e inestabilidad de las laderas.
- c. Clima: Donde se produzcan mayores precipitaciones, se activará la quebrada ocasionando la ocurrencia del flujo. Pero se debe tener en cuenta que, la ocurrencia de estos eventos aluvionales también acontecen en zonas de climas áridos y semiáridos a consecuencia de precipitaciones estacionales intensas.
- d. Tipo de suelo: Dependiendo de este factor (material fino o grueso), la capacidad de soportar el proceso erosivo, serán aportes para el flujo.

2.1.2.2. Morfología del canal de un flujo aluvional

Según Vittorio (2011), la morfología del canal de un flujo aluvional (Figura N° 03) está definido por los siguientes elementos geométricos:

- a. Área inicial: Es la parte más empinada del canal de un flujo aluvional (A - C), en este punto el evento tiende más a erosionar que a depositarse.

- b. Canal: Es la parte media del recorrido del flujo (C – E), que va incrementando su ancho debido al arrastre de los materiales. Cabe indicar que entre los puntos E y G, el ángulo de la pendiente va disminuyendo, iniciándose la reducción de la velocidad del flujo y la respectiva depositación.
- c. Área de depositación: En este punto el ángulo de pendiente disminuye aún más (G y F), esto ocasiona el ensanchamiento y la detención del flujo.

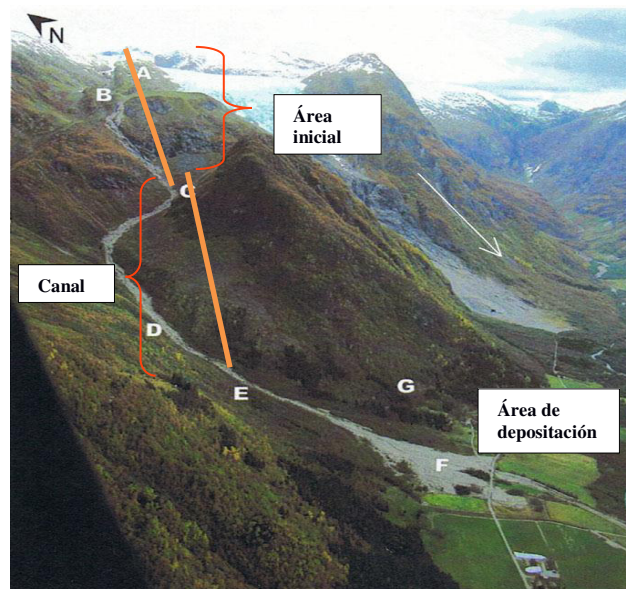


Figura N° 03: Morfología de un flujo aluvional identificado en las montañas al oeste de Noruega.

2.2. Vulnerabilidad

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), indica que “la vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza”.

UNESCO (1979), indica que “la vulnerabilidad es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos por la probable ocurrencia de algún peligro. Se expresa cuantitativamente en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total”.

Wilches-Chaux (1989), indica que “una comunidad puede enfrentar distintos tipos de vulnerabilidad, tales como: la vulnerabilidad social, económica, ambiental, política, ideológica, técnica, etc”. Para esta investigación se tomaron en cuenta los tres primeros tipos citados.

2.2.1 Tipos de vulnerabilidad

- Vulnerabilidad social: Según Wilches-Chaux (1989), “se produce un grado deficiente de organización y cohesión interna de la sociedad bajo riesgo, que limita su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastres (tipo de acceso al saneamiento ambiental, nutrición infantil, servicios básicos, que permitan la recuperación de los daños ocurridos)”.
- Vulnerabilidad económica: Según Wilches-Chaux (1989), “se observa una relación indirecta entre los ingresos en los niveles nacional, regional, local o poblacional y el impacto de los fenómenos físicos extremos. Es decir, la pobreza aumenta el riesgo de desastre (vulnerabilidad de los sectores más deprimidos, desempleo, insuficiencia de ingresos, explotación, inestabilidad laboral, dificultad de acceso a los servicios de educación, salud, ocio)”.
- Vulnerabilidad ecológica o ambiental: Según Wilches-Chaux (1989), “está relacionada con la predisposición de los ecosistemas frente a los efectos directos o indirectos de la acción humana”.

Durán (2017), indica algunos factores y/o elementos incidentes en el análisis de la vulnerabilidad social, económica y ambiental:

Elementos incidentes = f(Índice de calidad del agua, precipitación pluvial, necesidades básicas insatisfechas, población infantil, población adulta mayor, cobertura en educación media, valorización predial, participación en grupos sociales)

Daga (2015), indica que la vulnerabilidad socio-ambiental, es evaluada a partir de indicadores y/o variables tales como: Condiciones de informalidad (viviendas cuyas construcciones se encuentran exentas a normativas de edificación), Tasa de desocupación, actividades socioeconómicas expuestas, área del poblado expuesto a aluviones.

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres (2013), indica en su manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, que uno de los parámetros para la estimación de la vulnerabilidad económica a ser considerada es el ingreso promedio familiar mensual; asimismo, para el caso de la vulnerabilidad ambiental, el cumplimiento de políticas ambientales y la capacitación en temas de conservación ambiental y prevención ante desastres. Estos parámetros de evaluación han sido tomados en cuenta en la investigación.

Los factores, índices y/o parámetros citados en los párrafos anteriores fueron clasificados de acuerdo al tipo de vulnerabilidad (social, económica y ambiental) y factor de análisis: Exposición, fragilidad y resiliencia.

2.2.2. Factores de la vulnerabilidad

2.2.2.1. Exposición

Según CENEPRED (2014), “Está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. Con este factor se analizan las unidades sociales expuestas (población, líneas vitales, infraestructura u otros) a los peligros identificados”.

2.2.2.2. Fragilidad

Según Predes (2012), “Está referida al nivel de resistencia frente al impacto del peligro: condiciones de desventaja o debilidad estructural o no estructural de acuerdo al uso”.

2.2.2.3. Resiliencia

Capacidad de las personas y sus medios de vida para adaptarse, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro de origen natural o antrópico (CENEPRED, 2014).

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1. Aspectos económicos, políticos y sociales

3.1.1. Límites y División Política

La quebrada de Jicamarca se localiza a 20 km al NE del centro de Lima, bajo las jurisdicciones de los distritos de Lurigancho Chosica (Provincia de Lima) y San Antonio (Provincia de Huarochirí). El área de estudio limita al Norte por los distritos de Canta y Arahua; al Este, por los distritos de Santa Eulalia y Lurigancho; al Sur, con Lurigancho; y al Oeste, con San Juan de Lurigancho y Carabaylo (Figura N° 04).

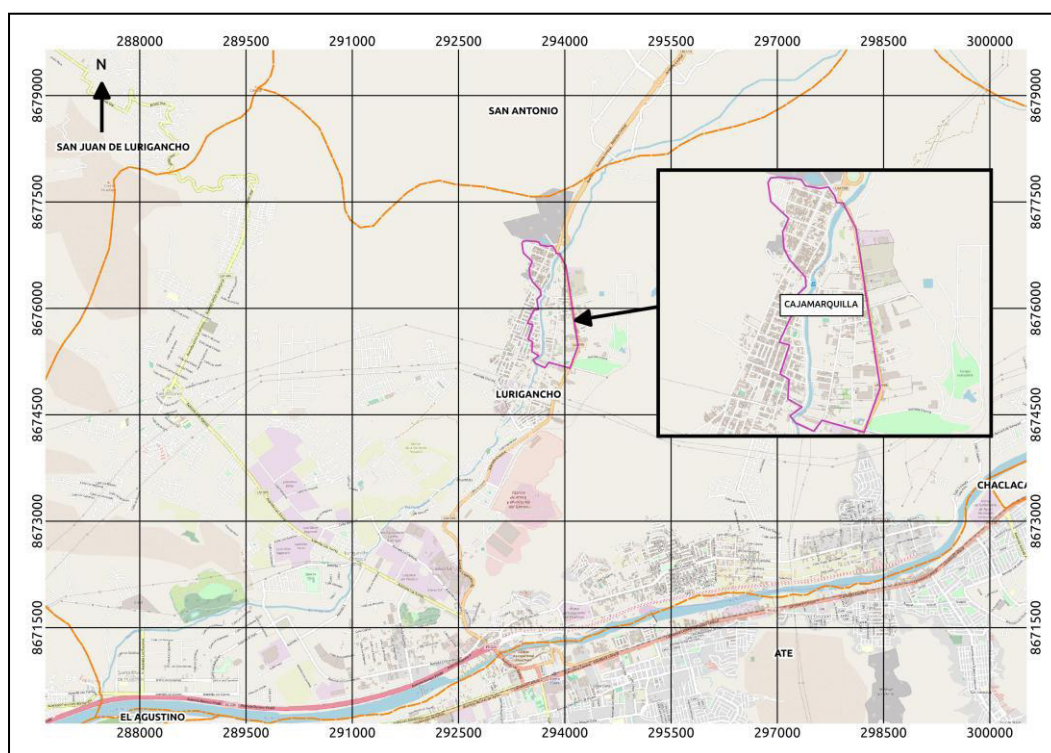


Figura N° 04. Ubicación del área de estudio (delimitado por el polígono de color fucsia) y límites distritales (delimitado por líneas de color naranja).

3.1.2. Aspectos sociales y económicos

La presente investigación busca realizar el análisis de la vulnerabilidad del poblado de Cajamarquilla, el cual se encuentra expuesto a eventos aluvionales con ocurrencias anuales entre los meses de noviembre y marzo; y

que se encuentra constituida por 9 sectores urbanos (El Ayllu, Jardines de la Florida, Riberas de Cajamarquilla, Saracoto, Villa Florida, Residencial Cajamarquilla, Lotización Cajamarquilla, Los Claveles y Milenium).

3.1.2.1. Población y vivienda (2012)

Los 9 sectores urbanos pertenecientes al poblado de Cajamarquilla, cuentan con 438 viviendas y 3078 habitantes, que se distribuyen conforme lo señala el Cuadro N° 03.

Sector	N° de viviendas	Población
El Ayllu	66	332
Jardines de la Florida	30	151
Riberas de Cajamarquilla	36	181
Saracoto	142	714
Villa Florida	10	50
Residencial Cajamarquilla	33	166
Lotización Cajamarquilla	81	731
Los Claveles	31	249
Milenium	9	54
Total	438	3078

Cuadro N° 03. Distribución de población y vivienda. Fuente: Alarcón (2012).

3.1.2.2. Actividad Económica

Según el Instituto Metropolitano de Planificación (2007), el uso actual del suelo del poblado de Cajamarquilla es de tipo industrial y residencial, debe observarse que en el lugar también se desarrolla la actividad agropecuaria local (no presenta gran envergadura), cuyas áreas de cultivo vienen reduciéndose por la expansión urbana.

Entre las grandes empresas establecidas en el lugar, se tiene a la concretera UNICON, La refinería de Cajamarquilla, almacenes industriales, la gestora de residuos sólidos PETRAMAS, el centro de investigación Radio Observatorio Jicamarca y otros.

3.2. Evaluación del peligro aluvional

En el presente capítulo se realizó la evaluación del peligro aluvional en la quebrada Jicamarca, cuyas ocurrencias se suscitan anualmente entre los meses de noviembre y marzo, con la estimación del índice de susceptibilidad al evento, que contempla la caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica, además de la delimitación de áreas expuestas a partir de antecedentes de ocurrencias históricas, todo ello en relación con el análisis del factor desencadenante, que para esta investigación se tomaron en cuenta las precipitaciones (lluvias).

3.2.1. Análisis de susceptibilidad

Para estimar el índice de susceptibilidad (IS) a flujos aluvionales en la quebrada Jicamarca, se deben ponderar los factores condicionantes, cuya relevancia permiten caracterizar el terreno.

La metodología utilizada para hallar la susceptibilidad fue la de Lara (2007), que está basada en la memoria de Sepúlveda (1998). Este último señala que los factores condicionantes a utilizarse en la estimación, deben representar una condición potencialmente inestable tal que al incorporarse un volumen de agua, se genere el movimiento en masa del suelo. Dichos factores son:

- Geomorfología: el relieve con pendientes elevadas ocasionarán mayor inestabilidad gravitacional en las laderas con material aportante al flujo. Las pendientes mayores a 25° en la cabecera de la quebrada son favorables para el origen de eventos aluvionales (Sepúlveda, 1998)
- Geología: A parte del suelo presente en las laderas, también hay que considerar el material que ocupa el lecho de los cauces, que puede ser removido e incorporado al flujo aluvional, incrementando su carga

sólida. Para ello, la caracterización geológica de la roca y la permeabilidad del suelo, permiten evaluar la superación de la capacidad de infiltración que originan la remoción o movimiento en masa, en ese sentido los depósitos aluviales, coluviales, volcanoclásticos y de escombros son susceptibles a ser removidos (Sepúlveda, 1998).

- Vegetación: La vegetación en el suelo aumenta la capacidad de infiltración que dificulta la ocurrencia de los flujos en mención, siendo de esta manera un elemento natural de reducción de escorrentías y erosión.
- Antrópico: La intervención del hombre en el espacio natural, altera su condición y funcionalidad en el ciclo de vida del ecosistema; para el caso de los eventos de origen natural que acontecen en muchos ecosistemas, se ven afeccionados por la intervención del hombre mediante sus acciones técnicas – económicas, que orientan su crecimiento en áreas expuestas a la ocurrencia de estos eventos o las modificaciones de estos espacios territoriales, creándose en consecuencia escenarios de riesgos por las nuevas condiciones de vulnerabilidad sujetos a la falta de planificación. Para este caso, se tomaron en cuenta la obstrucción del canal de drenaje principal y la desestabilización de laderas, como elementos antrópicos intervinientes, sujetos en el análisis de la susceptibilidad a los eventos aluvionales en Jicamarca.

Descritos los factores condicionantes, citados por Sepúlveda, para la estimación del índice de susceptibilidad a flujos aluvionales, se presentan en los siguientes cuadros 04 y 05, las descripciones y rangos de evaluación de estos factores, provenientes de la modificación de la metodología de Lara (2007).

FACTOR		%
GEOMORFOLOGÍA	Pendiente de laderas	35%
	Pendiente del canal de drenaje	
	Exposición al sol	
GEOLOGÍA	Características geológicas del material	35%
VEGETACIÓN	Cobertura vegetal	10%
ANTRÓPICO	Obstrucción de canal de drenaje	10%
ANTECEDENTES	Ocurrencia de aluviones en la quebrada	10%

Cuadro N° 04: Ponderación máxima de factores condicionantes de flujos. Fuente: Lara (2007).

FACTOR	DESCRIPCIÓN	RANGOS	%
Pendiente de las laderas (f1)	Promedio	> 40°	15%
		30° - 40°	13%
		25° - 30°	11%
		20° - 25°	9%
		15° - 20°	6%
		< 15°	3%
Pendiente del canal de drenaje (f2)	Promedio	< 5°	2%
		5° - 10°	9%
		> 10°	17%
Exposición al sol (f3)	Varios horas por m ² (WH/m ²): Alta exposición: 1,032,942 - 1,692,984; Parcial: 1,692,985 - 1,930,368; Baja: 1,930,369 - 2,509,352	Alta	3%
		Parcial	2%
		Baja	0%
Características geológicas-geotécnicas del material (f4)	Los flujos se ven favorecidos por suelos de baja permeabilidad y con presencia de materiales finos	Muy favorable	35%
		Favorable	25%
		Medianamente favorable	16%
		Poco favorable	10%
		Muy poco favorable	3%
Cobertura vegetal (f5)	Densidad en la ladera	Nula a baja	10%
		Moderada	5%
		Alta	1%
Obstrucción del canal de drenaje (f6)	No se consideran las estructuras destinadas a contener los flujos	Importante	10%
		Moderada	7%
		Baja	2%
		No observado	0%
Ocurrencia de aluviones en la quebrada (f7)	Recopilada por información escrita y/o inspección geodinámica. Considerar como eventos frecuentes aquellos con recurrencia < 10 años	Históricos frecuentes	10%
		Históricos poco frecuentes	7%
		prehistóricos	4%
		Sin antecedentes	1%

Cuadro N° 05: Descripción de los factores condicionantes del flujo. Fuente: Lara (2007).

Para hallar el valor del IS, se debe resolver la siguiente ecuación de Lara (2007):

$$IS = \sum_{i=1}^7 fi$$

El índice de susceptibilidad resultante se calcula sumando el valor asociado a cada rango, obteniendo valores entre 0% a 100%. Se utilizan las categorías de susceptibilidad baja, moderada, alta y muy alta, según corresponda a los cuatro rangos con amplitud de 25% (0 – 25; 25 – 50; 50 – 75; 75 – 100).

3.2.1.1. Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre, Schumm (1991) define a la geomorfología como la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios tipos de materiales y procesos.

El relieve es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas, las primeras actúan como creadoras de las grandes elevaciones y depresiones, las segundas son fuerzas que denudan el relieve originado (Gutiérrez, 2008).

El análisis geomorfológico en la quebrada Jicamarca (representado en PL – 01 del anexo 04), se realizó a partir de la evaluación de los procesos morfogenéticos presentes en las distintas geoformas reconocidas en el lugar; para ello, se tomaron en cuenta los aspectos geológicos, topográficos y climáticos. Es preciso indicar que, para un mejor entendimiento y percepción respecto a la escala de trabajo, se ha sectorizado la quebrada en

tres zonas: Cuenca de recepción, cuenca intermedia y cuenca baja o de depositación, descritos en los siguientes párrafos:

3.2.1.1.1. Cuenca de recepción

Zona abrupta que constituye el 25% del área total de la quebrada Jicamarca, cuyo punto más alto tiene una altura de 3200 msnm y desciende hasta los 1800 msnm. En este lugar se reconocieron siete unidades geomorfológicas (montañas, llanura aluvial, talud de derrubios, cono deyectivo, cabecera de torrente, cárcavas y canal de transporte), con las siguientes características geológicas y topográficas (Figura N° 05):

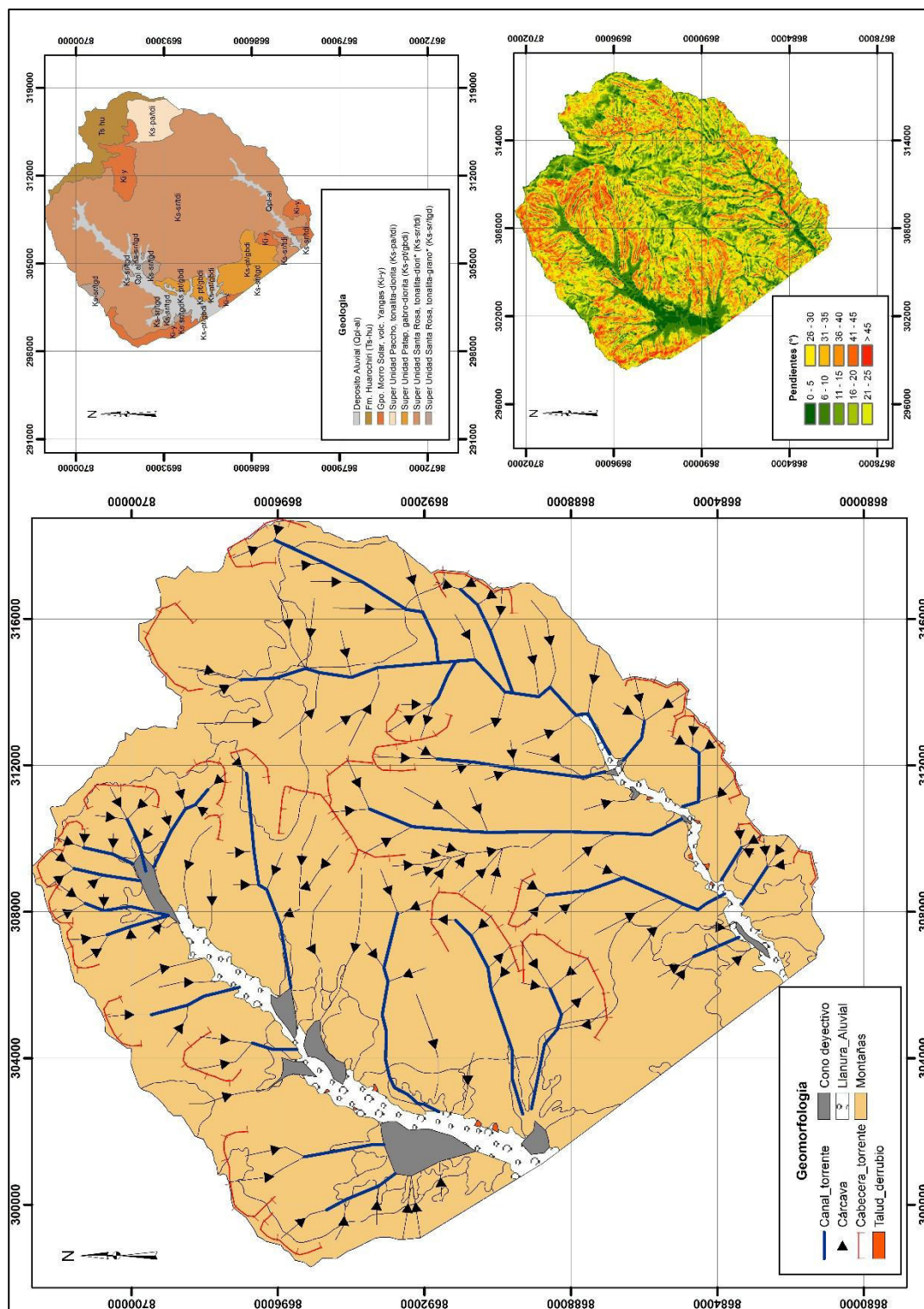


Figura N° 05. Mapa geomorfológico de la cuenca de recepción de la quebrada Jicamarca.

Se observa en la Figura N° 05, la predominancia de la unidad geomorfológica Montaña. Esta geoforma, con pendientes superiores a los 30°, se encuentra constituida litológicamente por roca intrusiva de la Super Unidad Santa Rosa, asimismo, está disectada por cárcavas que convergen en canales de transporte, siendo finalmente estos últimos aportantes principales en la formación de conos de deyección y la llanura aluvial delimitada.

3.2.1.1.1.1. Morfogénesis

Las montañas de este sector de la quebrada, se encuentran constituidas por rocas intrusivas y matriz de suelo arenoso, cubiertas por vegetación herbácea. La acumulación de lluvias de 180 mm/año (diciembre – abril) que se presentan en las distintas cabeceras de los torrentes que conforman este sector de la quebrada Jicamarca, ocasionan el acarreo del suelo a través de las cárcavas y canales de transporte, formados estos últimos debido a las pendientes del terreno superiores a los 30°; Sin embargo, es preciso aclarar que este proceso de erosión que culmina en la depositación de los materiales (clastos y suelo) en los conos de deyección o la llanura aluvial, es aminorado por la presencia de vegetación, que reduce la dinámica del escurrimiento superficial, formándose de esta manera flujos de lodo (mezcla conformada por 70% de agua y 30% de materiales finos), que discurre a lo largo de la llanura aluvial cuya pendiente es menor a los 10°.

3.2.1.1.2. Cuenca intermedia

Zona abrupta que constituye el 45% del área total de la quebrada Jicamarca, cuyo punto más alto tiene una altura de 1800 msnm y desciende hasta los 600 msnm. En este lugar se reconocieron siete unidades geomorfológicas (montañas, llanura aluvial, talud de derrubios, cono deyectivo, cabecera de torrente, cárcavas y canal de transporte), con las siguientes características geológicas y topográficas (Figura N° 06):

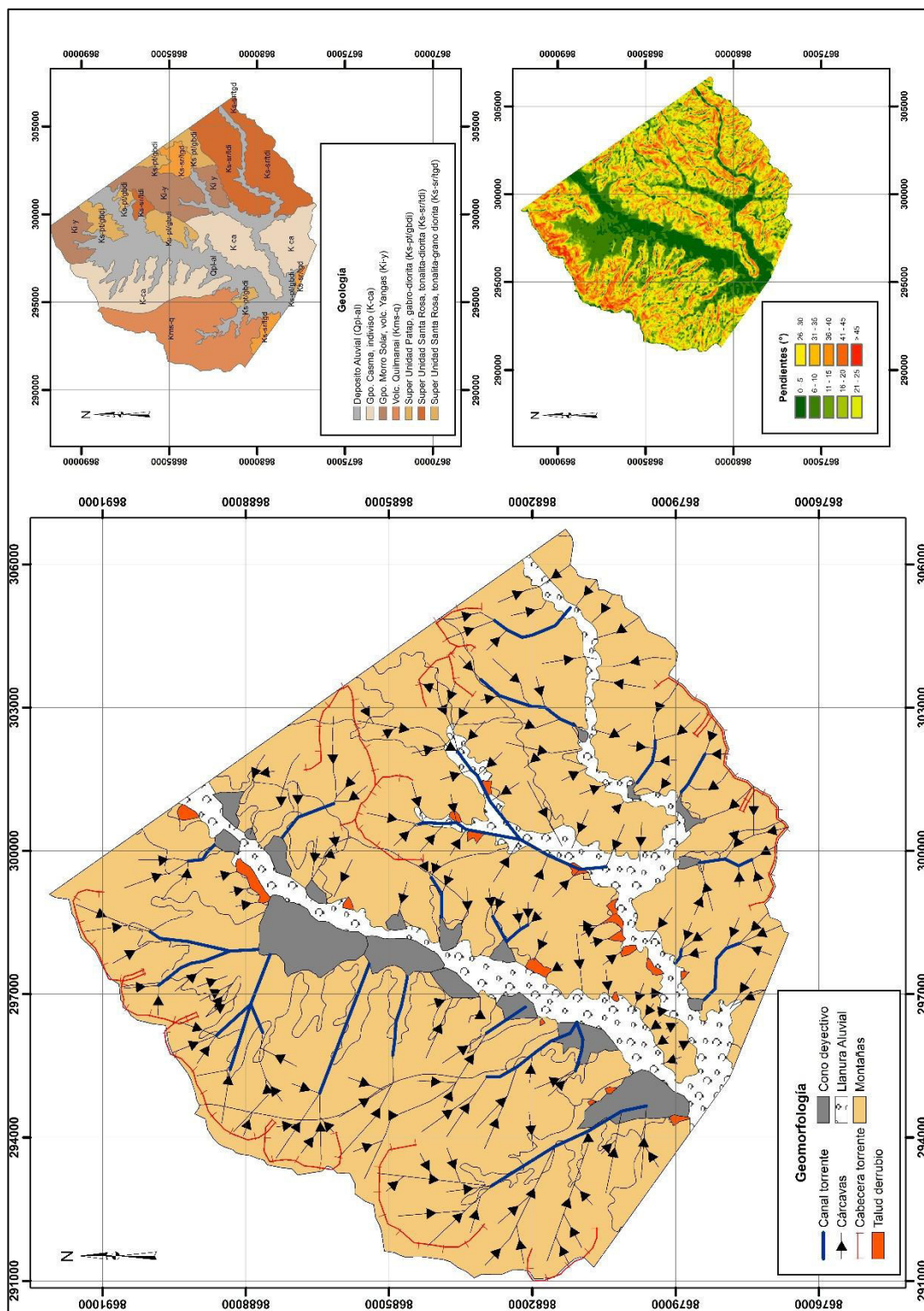


Figura N° 06. Mapa geomorfológico de la cuenca intermedia de la quebrada Jicamarca.

Se observa en la Figura N° 06, la continuidad en la predominancia de la unidad geomorfológica montaña. Esta geoforma, con pendientes superiores a los 30° (al extremo norte), se encuentra constituida litológicamente por rocas volcánicas de las Formaciones Yangas y Quilmaná, asimismo, está disectada por cárcavas que convergen en canales de transporte, siendo finalmente estos últimos aportantes principales en la formación de conos de deyección y la llanura aluvial delimitada.

3.2.1.1.2.1. Morfogénesis

Las montañas de este sector de la quebrada, se encuentran constituidas en su mayoría por rocas volcánicas, cubiertas por ligeras capas de suelo y desprovistas de vegetación.

Los procesos de meteorización e intemperismo se suscitan de manera acentuada en esta geoforma, ocasionando la formación de clastos de diferentes dimensiones que son acarreados por el escurrimiento superficial a causa de las precipitaciones estacionales (diciembre – abril) de la quebrada. Dado que las geoformas del sector, se encuentran desprovistas de vegetación, la aportación de clastos y suelo a la llanura aluvial por el proceso de erosión es de mayor proporción a diferencia que en la zona de captación; en consecuencia, el flujo de lodo proveniente del sector de captación, sumado a los materiales acarreados en el sector intermedio de la quebrada, originan la formación

de flujos hiperconcentrados (porcentaje de agua y detritos equitativos).

Estos flujos hiperconcentrados (con mayor fuerza y velocidad) socavan lateralmente los taludes de derrubios y conos deyeativos, delimitados en este sector intermedio de la quebrada (Figura N° 06), acarreando así los clastos de diferentes dimensiones en suspensión hasta las zonas de menor pendiente (cuenca baja), donde son finalmente depositados.

3.2.1.1.3. Cuenca baja

Zona de mayor extensión de la llanura aluvial, rodeada por montañas con pendientes superiores a los 30° y otras 6 geoformas delimitadas en el lugar (lomadas, talud de derrubios, cárcavas, canal de transporte, cabecera de torrente y cono deyeativos), Figura N° 07:

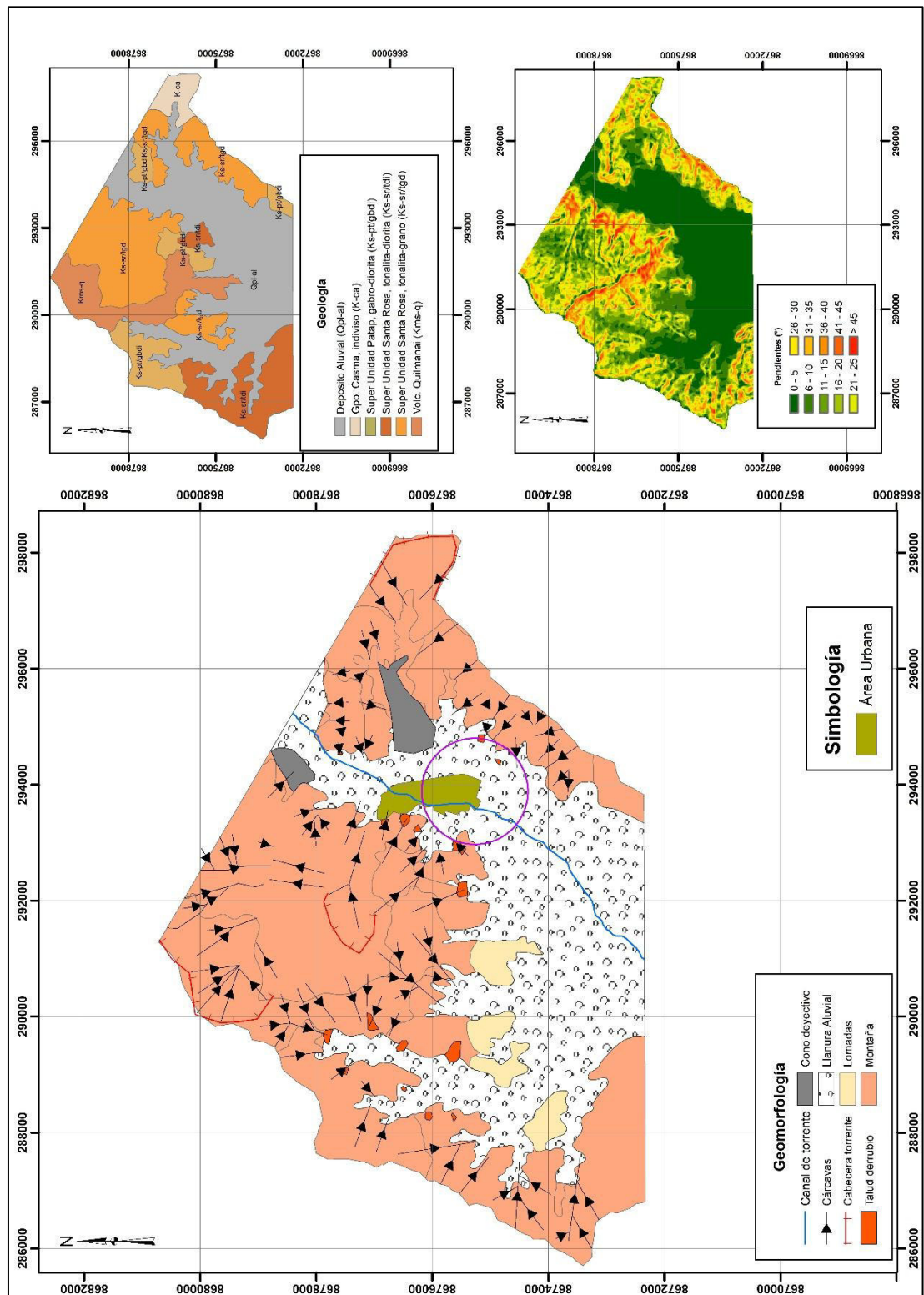


Figura N° 07. Mapa geomorfológico de la cuenca baja de la quebrada Jicamarca.

Se observa en la Figura N° 07 la predominancia de la unidad geomorfológica llanura aluvial. Esta geoforma, con pendientes menores a los 10° se encuentra constituida litológicamente por depósitos aluviales, acarreados desde la cuenca de captación. A su alrededor se observan montañas constituidas por rocas intrusivas del Grupo Santa Rosa y disectadas por cárcavas formadas en sus laderas con pendientes superiores a los 30° .

3.2.1.1.3.1. Morfogenesis

Los flujos aluvionales formados a lo largo del cauce de captación e intermedio, inician su proceso de depositación en la cuenca baja debido a la menor pendiente de este lugar ($<10^\circ$), es por ello que la geoforma de llanura aluvial presenta una mayor extensión territorial, que es aprovechado para el asentamiento de la población y sus respectivas actividades económicas, como lo expresado en la figura N° 07.

Este asentamiento poblacional suscitado de manera no planificada, ha ocasionado la ocupación de espacios expuestos a la ocurrencia de estos flujos aluvionales, que generan cuantiosas pérdidas económicas y sociales. A esta problemática, se suma la expansión urbana hacia áreas próximas a las laderas de montañas (con pendientes $> 30^\circ$) y/o taludes de derrubios, que por sus condiciones físicas presentan severos procesos de alteración de la roca, propia de la meteorización,

originándose así movimientos en masa de tipo caída de rocas.

Considerando las figuras 05, 06 y 07, se observa que las laderas en la quebrada Jicamarca presentan una pendiente en el rango de 25 – 30°

En un levantamiento topográfico realizado en el cauce principal de la quebrada Jicamarca, ejecutado para la instalación del sistema de alerta temprana de huayco; se observó que la pendiente del canal de drenaje es del 2.6 %.

La exposición de las laderas a la radiación solar, representada por la cantidad de vatios hora m² al año, influye en los efectos erosivos y de meteorización de los materiales, que se vuelven propicios para la generación de flujos por mecanismos gravitacionales por medio de la incorporación de lluvias (Hauser, 1995)

Bajo un entorno GIS, se delimitaron las zonas de baja a alta exposición solar en la quebrada Jicamarca, expresados en la figura 08, donde se observa una mayor incidencia de vatios hora (> 1,930,368 WH/M²) al año en el sector de la cabecera de la quebrada, además de una moderada exposición en los sectores intermedios y de depositación,

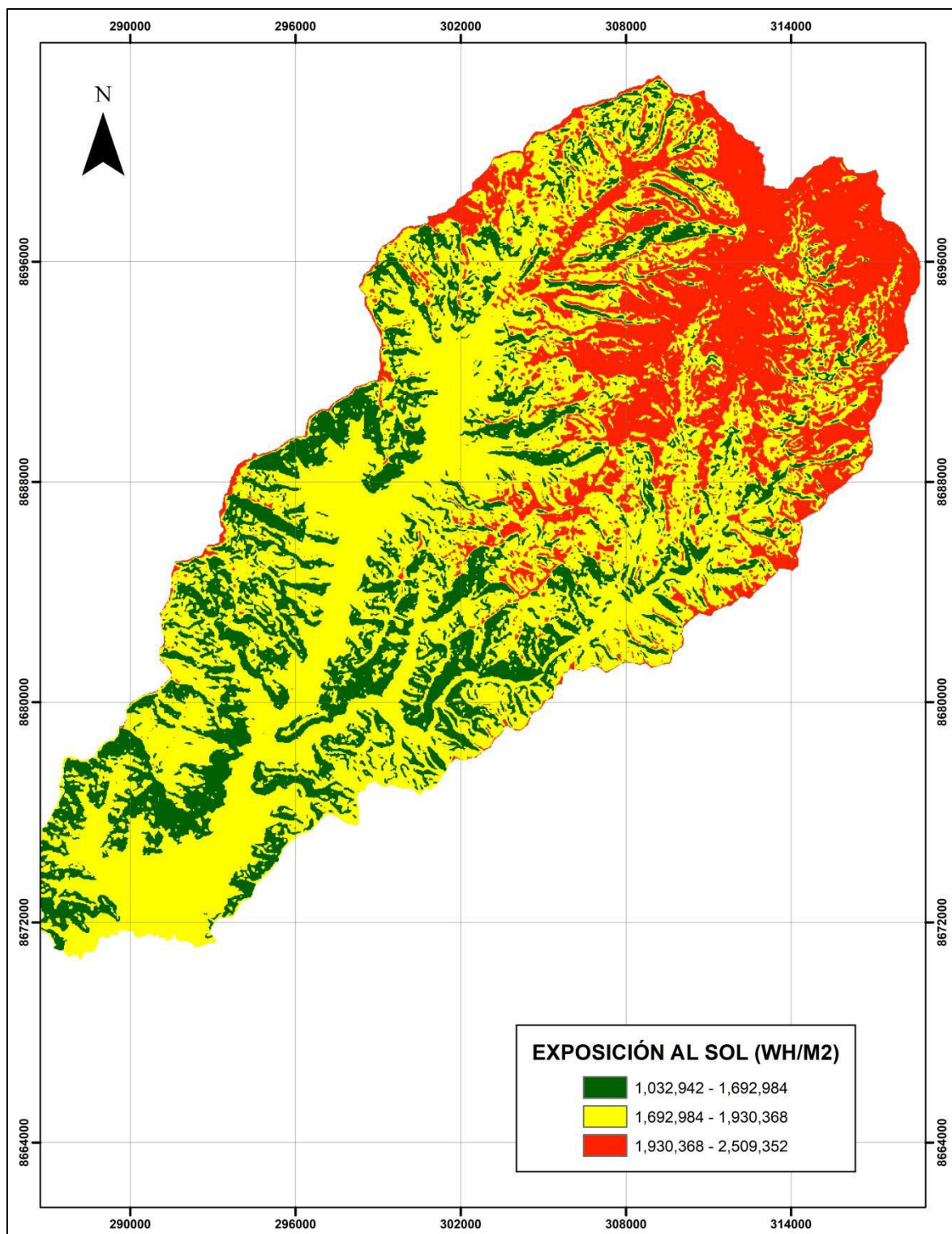


Figura N° 08. Mapa de exposición al sol de la quebrada Jicamarca.

3.2.1.2. Geología

El desarrollo del presente capítulo se realizó a partir de la información descrita en el Boletín N°43, titulado Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica (INGEMMET, 1992), representado en la Figura N° 09, describiéndose lo siguiente:

3.2.1.2.1. Geología Regional

El área de interés es la quebrada de Jicamarca, ésta se ubica en el cuadrángulo de Chosica (24-j); en el lugar se observan unidades correspondientes al Volcánico Yangas (Jurásico Superior – Cretáceo Inferior), a las formaciones Pamplona, Atocongo y a las Super Unidades Patap, Paccho, Santa Rosa y el Grupo Casma del Cretáceo, además del Volcánico Huarochirí del terciario, todos estos se encuentran cubiertos por materiales del Cuaternario, tales como los depósitos aluviales.

3.2.1.2.1.1. Formación Yangas

Conformada por una secuencia gruesa y bien expuesta de lavas andesíticas masivas, lodolitas y margas silicificadas. Sus afloramientos presentan una topografía agreste, encontrándose las laderas, en sus partes bajas, cubiertas por depósitos coluviales provenientes de rocas de la misma unidad.

3.2.1.2.1.2. Formación Pamplona

Constituida por lutitas y margas en capas delgadas, calizas bituminosas intercaladas con algunos niveles de areniscas volcánicas que tienen matriz calcárea gris a

negra de grano fino. Hacia la parte superior lodolitas chérticas, calizas carbonosas, tobas blanquecinas que dan al terreno un suelo de color claro y derrames andesíticos. Estratigráficamente descansa concordante sobre la formación Yangas e infrayace a la Formación Atocongo.

3.2.1.2.1.3. Formación Atocongo

Constituida en la parte inferior por calizas bituminosas, intercalados con lutitas y margas grises oscuras. En la parte superior se observan calizas grises en estratificación delgada, formando paquetes masivos y margas negras a grises, intercaladas con derrames andesíticos porfiroides. Con una potencia estimada de 400 m. infrayace a la Formación Huarangal y suprayace a la Formación Pamplona.

3.2.1.2.1.4. Súper Unidad Patap

Constituida por cuerpos de gabros y dioritas, las más antiguas del Batolito, emplazados al lado occidental del mismo. Intruyen a las rocas sedimentarias y volcánicas del mesozoico a las que metamorfizan, dando lugar a contactos externos verticales. A su vez son intruidos por cuerpos más jóvenes del Batolito, pertenecientes a la Super Unidad Santa Rosa, y/o por los cuerpos ácidos menores como la adamelita de Atocongo, mostrando una reorientación de los minerales.

3.2.1.2.1.5. Súper Unidad Paccho

Aquí se reconocen cuerpos de tonalita gradando a diorita, formando la margen oriental del Batolito. Su

emplazamiento debió ser inmediato o casi simultáneo con los gabros de la Super Unidad Patap. Cubiertas por rocas volcánico-terciarias e intruyen a las rocas de las formaciones Arahuay y Yangas.

3.2.1.2.1.6. Súper Unidad Santa Rosa

Está constituida por cuerpos tonalíticos – granodioríticos, se emplazan con posterioridad a los gabros y dioritas de las Súper Unidades Patap y Paccho a las que intruyen con contacto definidos y casi verticales.

3.2.1.2.1.7. Grupo Casma

Dividido en unidades litoestratigráficas definidas por una secuencia volcánico-sedimentaria en la parte inferior y otra netamente volcánica en la parte superior. Así, al Noreste del valle de Chillón se ha diferenciado una unidad volcánico-clástica denominada Formación Huarangal, mientras que al Sur se reconoce como su equivalente a la Formación Chilca, sobreyaciendo concordantemente a una serie volcánica masiva que se conoce como Volcánico Quilmaná.

3.2.1.2.1.8. Volcánico Quilmaná

Constituido por derrames andesíticos masivos poco estratificados, de textura porfirítica. Descansan directamente sobre la Formación Atocongo y en valle del Rímac se les encuentra como techos colgantes afectados por el Batolito, pasando por la quebrada Jicamarca al valle del Chillón donde descansan sobre los volcánicos Huarangal.

3.2.1.2.1.9. Volcánico Huarochirí

Se trata de una secuencia predominante tobácea que viene desde Huarochirí y que corresponde a una fase de vulcanismo más joven que el que dio origen a los volcánicos Millotingo.

3.2.1.2.1.10. Depósitos Cuaternarios

En la zona de estudio se reconocen depósitos aluviales.

3.2.1.2.1.10.1. Depósitos Aluviales

Es el resultado de la acumulación de escombros conformados por bloques, clastos y gravas de origen volcánico sedimentario con matriz arenolimososa.

La permeabilidad de la matriz arenolimososa se encuentra entre los coeficientes (K m/s) 10^{-3} y 10^{-5} , clasificándola como de condición favorable para la ocurrencia del flujo, según el Cuadro 05.

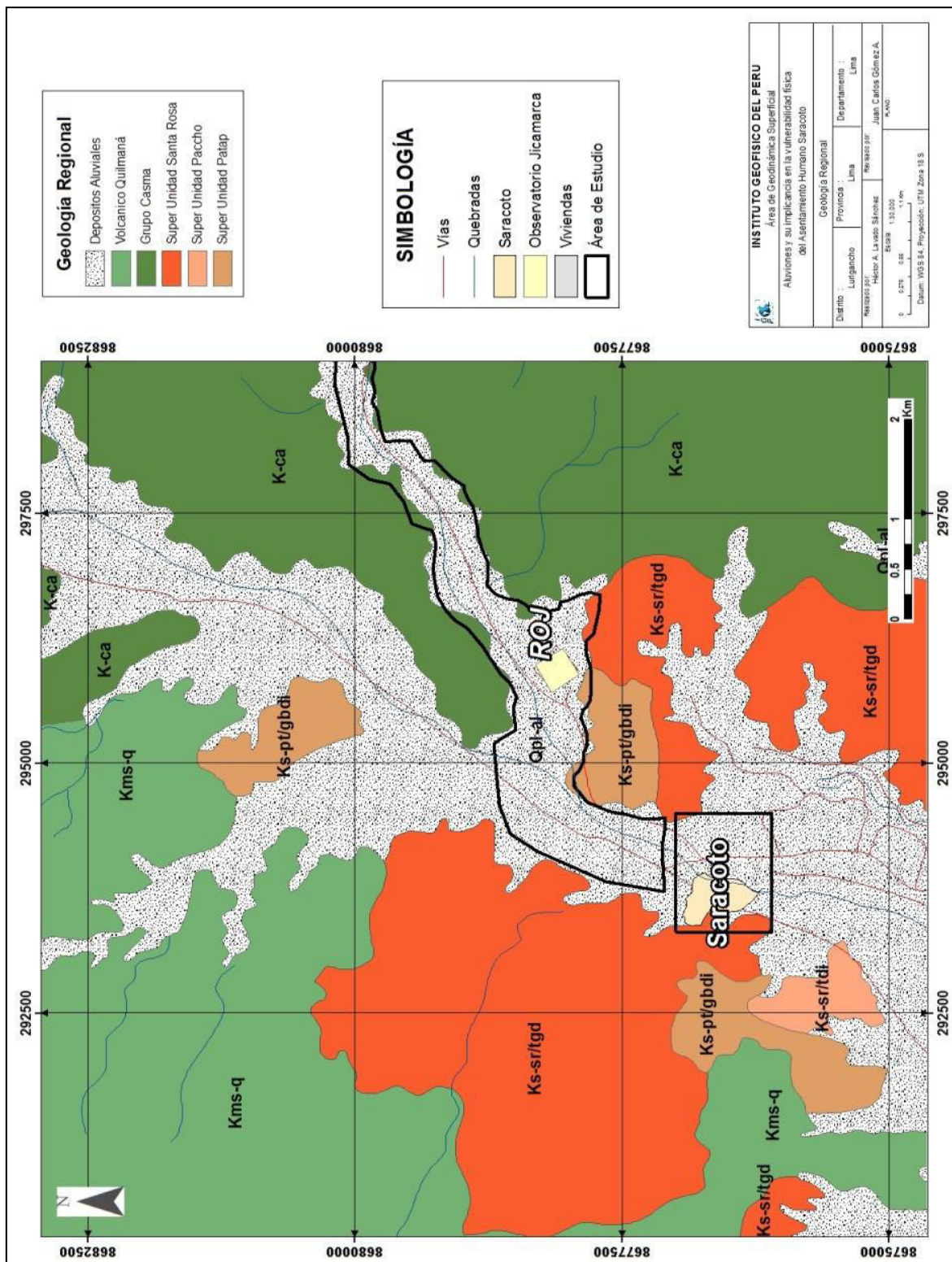


Figura N° 09. Geología Regional. Fuente: INGEMMET 1992.

3.2.1.3. Cobertura vegetal

En una inspección de campo hasta la cabecera de la quebrada Jicamarca, se observó en el lugar la predominancia de vegetación herbácea (Figura N° 10); la cobertura de este tipo de vegetación, no se presenta en la cuenca intermedia y baja, por ello, su densidad en la quebrada es baja.



Figura N° 10. Vegetación herbácea en la cabecera de la quebrada Jicamarca.

3.2.1.4. Obstrucción del canal

A lo largo del recorrido del canal de drenaje de la quebrada, se observó un estrechamiento de este en el sector de la cuenca baja, donde se asienta y expande la población de Huachipa y Cajamarquilla. Luego de acontecido el evento aluvional del 2017, que ocasionó pérdidas económicas y materiales, el canal fue descolmatado hasta su desembocadura en la cuenca del río Rímac, eliminando todo tipo de obstrucción (Figura N° 11).



Figura N° 11. Canal de drenaje de la quebrada Jicamarca descolmatado.

3.2.1.5. Registros históricos y relatos de ocurrencia de aluviones

En el presente subcapítulo, se abordan las ocurrencias aluvionales extremas en la quebrada de Jicamarca, suscitadas en eventos El Niño Southern Oscillation (ENSO) Muy Fuertes. Debe resaltarse que, la relación causa - efecto de estos eventos ENSO con los aluviones extremos, no implica una analogía que siempre se manifieste.

Se evidencia la presencia de eventos aluvionales extremos, en periodos exentos a las anomalías climáticas (ENSO), a partir de crónicas o registros de información histórica.

3.2.1.5.1. Registros y relatos de ocurrencias aluvionales

Las ocurrencias aluvionales extremas para la quebrada de Jicamarca, como se indicó anteriormente, se describe a partir de la presencia de eventos climáticos anómalos Muy Fuertes, indicados en los Registros del Fenómeno El Niño en el Perú

(Ortlieb & Macharé, 1993). Estos registros se elaboraron comenzando por el análisis de fuentes escritas o archivos históricos de fluctuaciones climáticas en el Perú, que cubren el periodo de los últimos 5 siglos. En él se indican las ocurrencias del ENSO de muy fuerte intensidad para los años 1891, 1925 y 1983, evidenciado el primero por eventos suscitados en períodos históricos (cuadro N° 06), y los dos últimos por la temperatura superficial del mar en puerto Chicama, localizado en la región la Libertad (cuadro N° 07).

Las ocurrencias de El Niño de intensidad Muy fuerte para los años 1728 y 1578 (cuadro N° 06), no fueron tomados en cuenta en esta investigación por la escasa información climática y la falta de evidencias que permitan tener una idea relativa, de las magnitudes de eventos aluvionales ocurridos en Jicamarca.

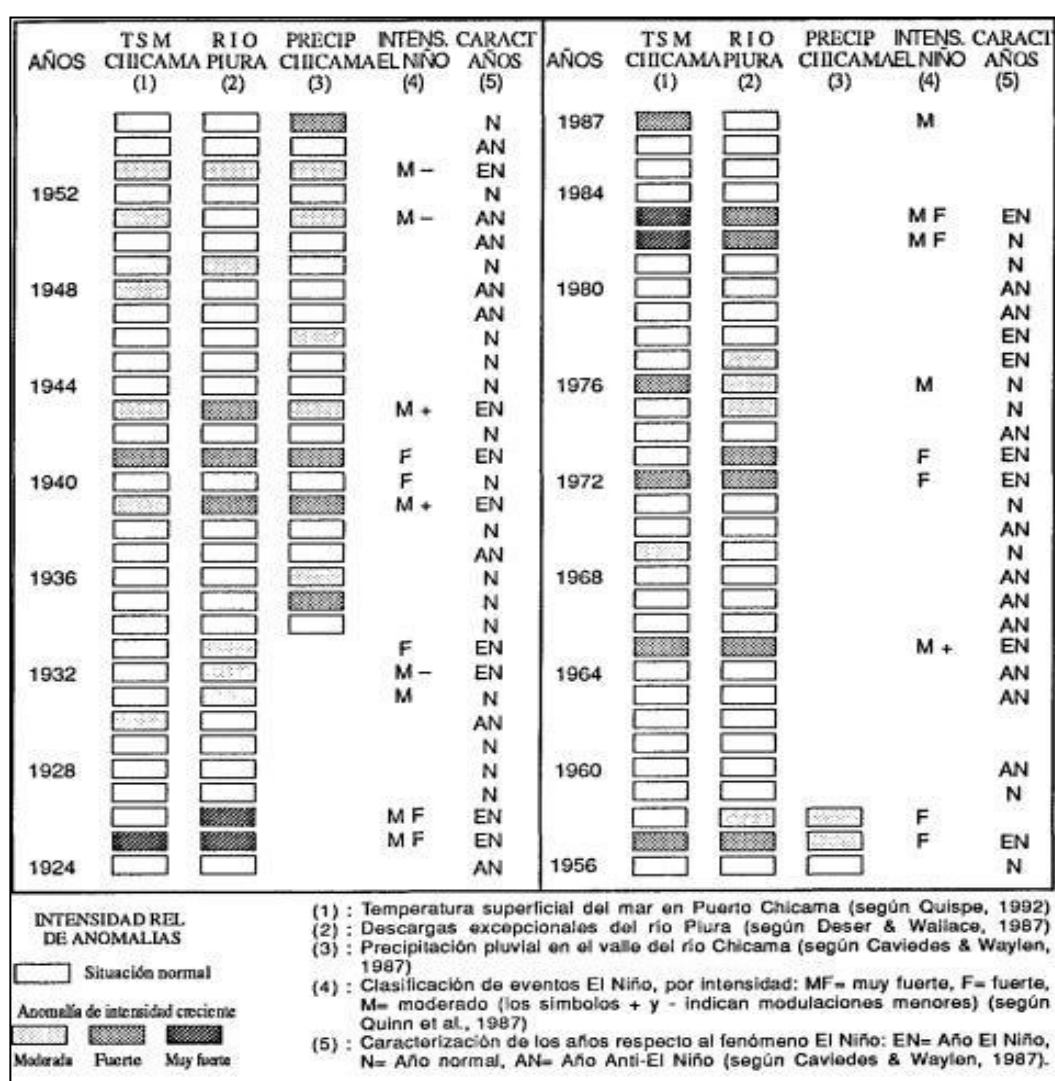
SIGLO	Muy Fuerte (1)	Δ Muy Fuerte (2)	Fuerte (3)	Δ Fuerte (4)	Moderado (5)	Δ Moderado (6)	Δ Eventos (7)	
XIX	1891	163	1884				7	
			1877	7			7	
			1871	6			6	
							7	
				43	1864	20	20	
			1828		1844	30	16	
				37	1814	11	14	
					1803		11	
							12	
XVIII	1728	150	1791	44			(44)	
			1747				(19)	
				27	Sin		(8)	
			1720	Datos		(19)		
	1701		19			(15)		
XVII			1686	15			(62)	
			1624	62			(28)	
				1596	28			(3)
XVI	1578			1593	3			(15)
						1574	(4)	

Columnas 1, 3 y 5 : Años de eventos muy fuertes, fuertes y moderados.
Columnas 2, 4 y 6 : Intervalos en años entre eventos consecutivos de cada categoría.
Columna 7 : Intervalos en años entre eventos consecutivos de todas las categorías juntas.

Cuadro N° 06. Ocurrencias históricas de El Niño. Fuente: Hocquenghem (1992).

Se tomaron en cuenta datos arqueológicos o crónicas de la ciudadela prehispánica de Cajamarquilla, ubicada en la llanura aluvial de la quebrada en mención, que describen la existencias de un período de abandono poblacional de la citada ciudadela entre el año 730 d.C. y 1000 d.C., el cual marcó el final de la cultura Lima y el inicio de la cultura Ychsma (sociedades prehispánicas establecidas en la ciudadela). Según la postura de Mogrovejo y Makowski (1999), señalan que existió un drástico cambio climático que habría producido un exceso de lluvias, causando aluviones que destruyeron los canales y reservorios que alimentaron de agua a Cajamarquilla, seguidos de un

período seco, lo que finalmente obligó al abandono de esta ciudad. Correlacionando este dato prehistórico con la propuesta de Kaulicke (1993), referente a la ocurrencia de eventos climáticos importantes antes de 1400 d.C. en la región del Alto Piura, o el acontecimiento documentado por Nials (1979), que pone en evidencia una enorme inundación ocurrida alrededor del año 1100 d.C. en el Río Moche (La Libertad).



Cuadro N° 07. Comparación de las manifestaciones oceanológicas e hidrológicas del fenómeno El Niño en la costa norte del Perú. Fuente: Ortlieb y Macharé (1993).

Posteriormente, se registraron ocurrencias aluvionales en los años de 1983 y 2012, los cuales según los relatos de algunos pobladores, ocasionaron daños en distintas infraestructuras y el alcance del flujo a lo largo de la llanura aluvial, donde se asienta el poblado de Cajamarquilla.

El poblador Daniel Álvarez Tóvar de 80 años de edad, del Asentamiento Humano La Florida, quien señala que: “hubo un gran huayco más o menos en febrero del 83 que se llevó muchas casas, animales como los cerdos, gallinas, tapó también toda la pista”.

La pobladora María Gómez Huamaní de 53 años de edad, de la asociación de vivienda Milenium, indica que: “En marzo del 2012 ocurrió un huayco que tapó toda la carretera y destruyó varias chacras, también fueron muy afectados los granjeros de chanchos de la asociación Saracoto. Toda el agua llegó hasta el tercer paradero, quedando completamente bloqueada la carretera”.

Considerando los relatos de algunos pobladores del lugar, se delimitó el área de influencia del evento aluvional, expresada en la Figura N° 12.

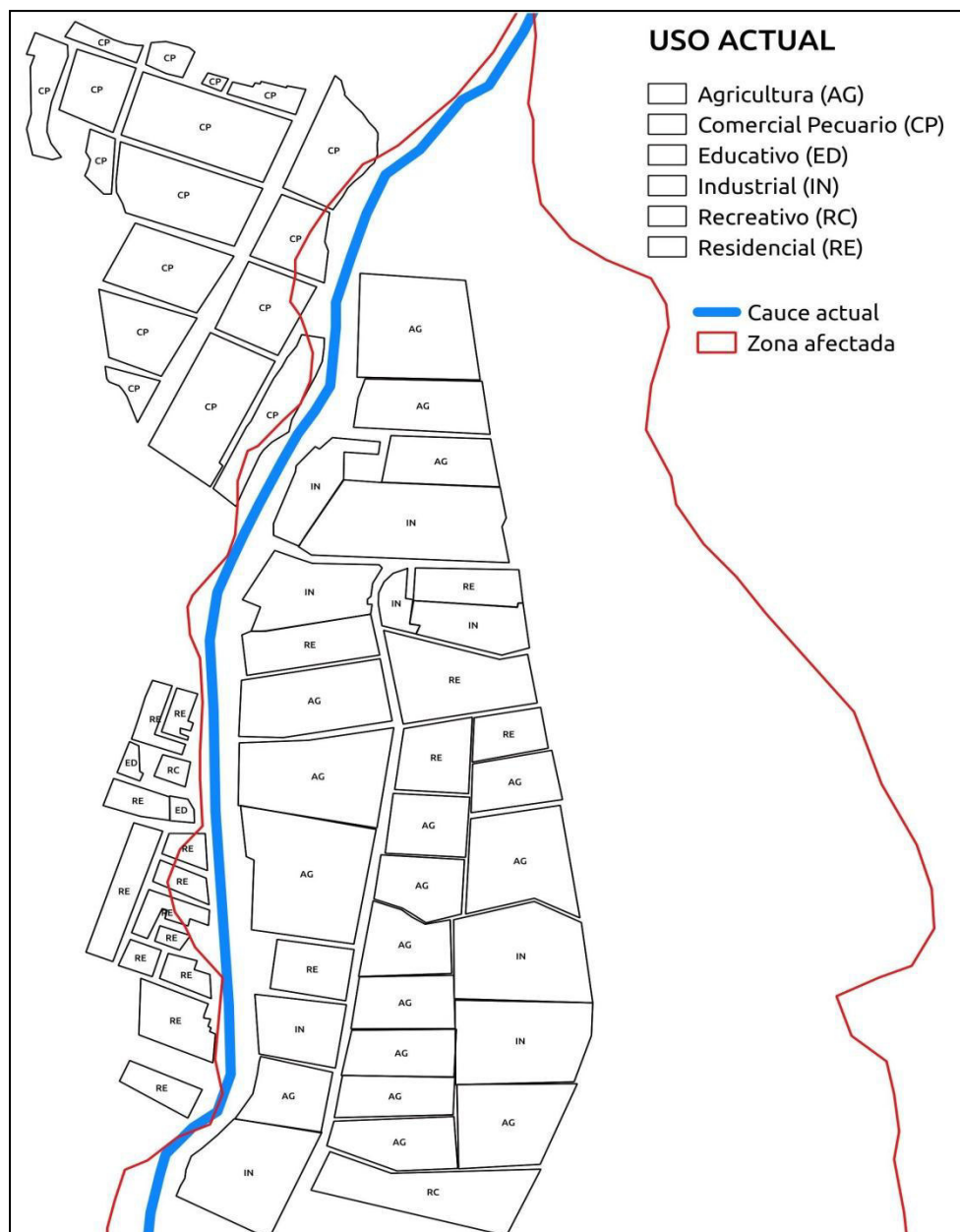


Figura N° 12. Área de influencia del evento aluvional suscitado en 1983 y 2012, delimitada por la línea color rojo.

3.2.1.5.2. Plano de modelado computacional de flujos aluvionales

La Unidad de Geodinámica del Instituto Geofísico del Perú, realizó un modelado numérico computacional del flujo aluvional en la quebrada Jicamarca en el año 2016, como parte del proyecto de investigación titulado “Diseño e Implementación de

un Sistema de Alerta Temprana basado en un estudio Geológico y Modelamiento Computacional de Flujos Aluvionales para la Prevención de Desastres”, financiado por INNOVATE PERÚ.

Este modelado permitió corroborar y validar la información de áreas expuestas y afectadas por eventos aluvionales, haciendo uso de relatos, hechos históricos, imágenes satelitales y fotografías aéreas (Figura N° 13).

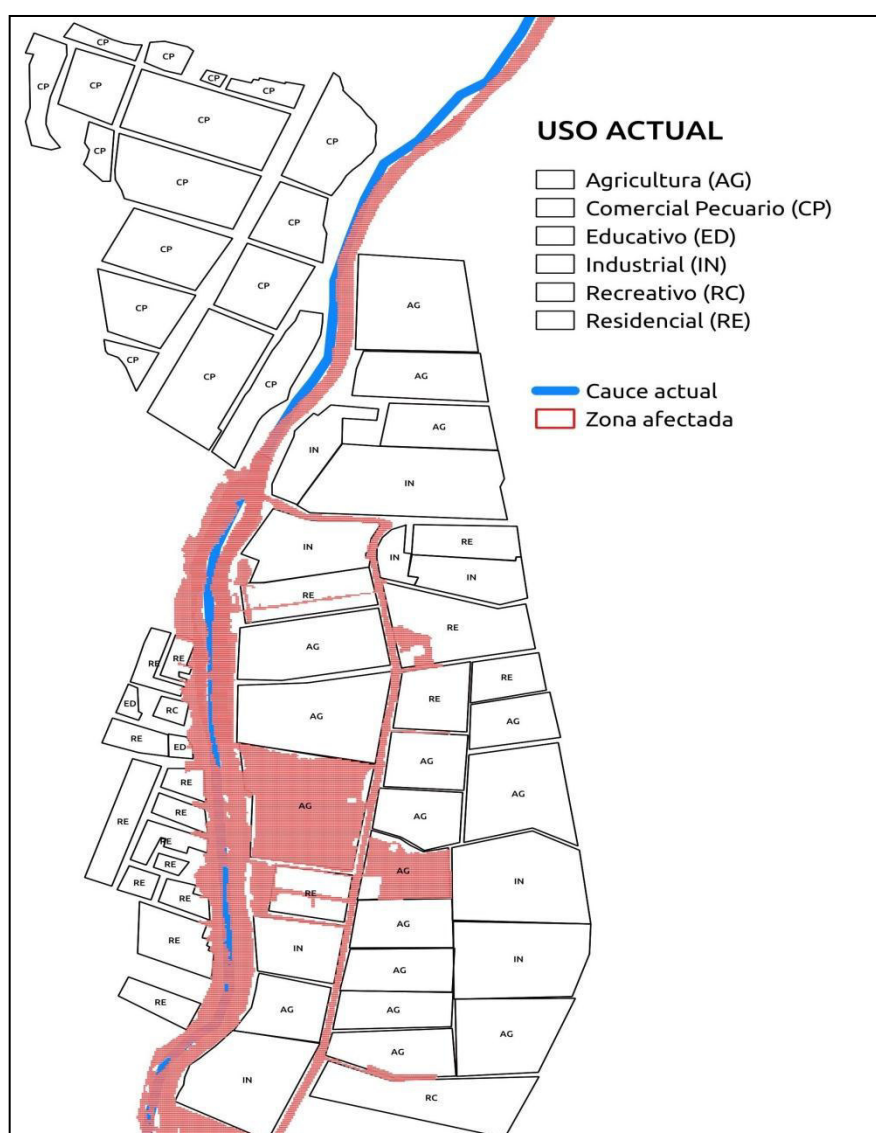


Figura N° 13. Área de influencia del evento aluvional según el modelado computacional. Fuente: IGP & INNOVATE PERÚ (2016).

3.2.2. Estimación del índice de susceptibilidad

Caracterizados los 7 factores de susceptibilidad de la quebrada Jicamarca, se estimó el índice de este haciendo uso de la ecuación antes descrita:

$$IS = \sum_{i=1}^7 fi$$

$IS = (\text{Pendiente de ladera} + \text{Pendiente del canal} + \text{Exposición al sol} + \text{Características geológicas} + \text{Cobertura vegetal} + \text{Obstrucción del canal} + \text{Ocurrencia de aluviones})$

$$IS = (11\% + 2\% + 2\% + 25\% + 10\% + 0 + 10\%)$$

$$IS = 60\%$$

Tomando en cuenta las 4 categorías del índice de susceptibilidad a flujos aluvionales, baja (0 – 25%), moderada (25 – 50%), alta (50 – 75%) y muy alta (75 – 100%), la quebrada Jicamarca presenta un índice de 60%, categorizado como un nivel de susceptibilidad alto.

3.2.3. Factor desencadenante

Las precipitaciones en la quebrada Jicamarca, se encuentran por debajo de los 100 mm anuales, característico de las zonas áridas.

Entre los meses de enero – abril, las lluvias totales diarias pueden llegar a valores de 11.6 mm, según lo registrado en marzo de 1998 por la estación meteorológica Autisha, localizada en la zona alta de la cuenca de Jicamarca, o lo registrado por esta misma en marzo del 2012, cuyo valor máximo para ese mismo periodo fue de 4.9 mm (SENAMHI, 1998 y 2012). El resto de meses, de Mayo – Diciembre, las precipitaciones

son mínimas o nulas. Las fechas citadas como ejemplos corresponden a ocurrencias aluvionales en la cuenca, causadas por precipitaciones del evento El Niño de 1998 y 2017.

En el presente ítem, se describen las precipitaciones de eventos El Niño (ENSO), que causaron ocurrencias aluvionales en la quebrada de Jicamarca en los años 1983, 1987, 1998 y 2017, a partir de datos meteorológicos del SENAMHI. Cabe advertir que el último aluvión considerado en la descripción será el del 2017 (causado por el evento Niño costero), que ocasionó daño en decenas de viviendas establecidas a lo largo de su recorrido (incluidas las viviendas que conforman el poblado de Cajamarquilla); es oportuno indicar que la precipitación pluvial es un factor desencadenante de la ocurrencia del evento citado, importante para el análisis y delimitación de áreas expuestas, pero el escenario de riesgos lo genera la misma población debido a una falta de planificación, cultura de prevención y otros factores de índole socio-económico.

Las siguientes estaciones meteorológicas tomadas en cuenta para los años de 1983 (Arahuay) y 1987 (Autisha), fueron las únicas que ofrecían datos de precipitación para estas fechas, además de la localización cercana al área de estudio. Para los años de 1998 y 2017 se utilizó la estación Chosica por su cercanía a la cuenca en mención (Figura N° 14).

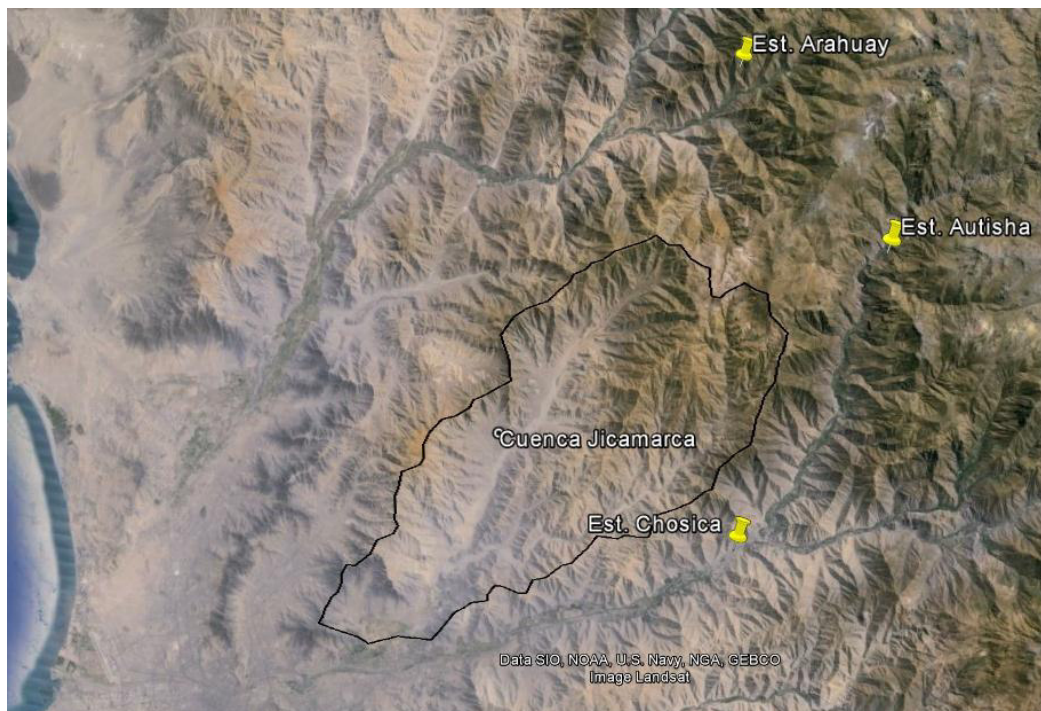


Figura N° 14. Vista en planta de la Cuenca de Jicamarca y localización de las estaciones meteorológicas utilizadas en la descripción de las precipitaciones para los años de 1983, 1987, 1998 y 2012.

3.2.3.1. Febrero 1983

La estación meteorológica más cercana a la cuenca de Jicamarca con registro de precipitaciones para la fecha citada es Arahua. Esta estación se ubica a 15 km de la zona alta de la cuenca, a una altura de 2690 msnm en la cuenca del río Chillón, cuyas coordenadas UTM son 314355 E y 8714971 N. Los Gráficos N° 01 y 02 indican las precipitaciones diarias para los meses de enero y febrero; el día dieciocho de este último se suscitó un evento aluvional en la quebrada.

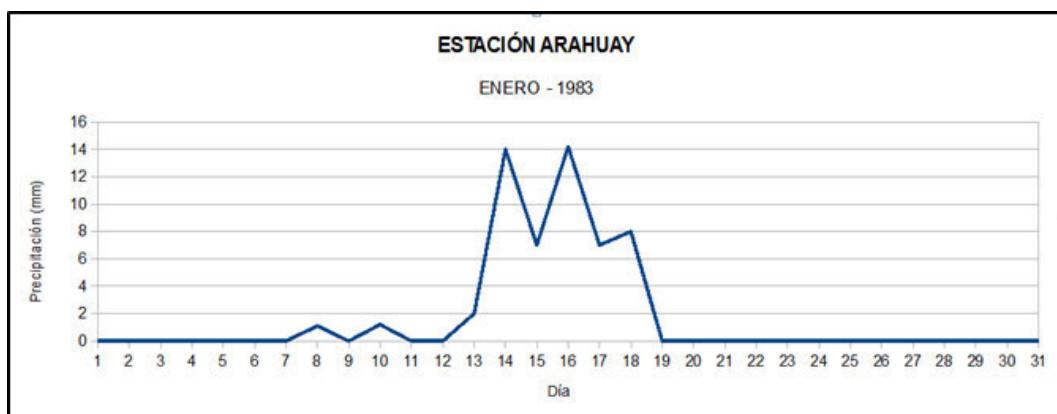


Gráfico N° 01. Precipitación diaria del mes de enero de 1983. Fuente: SENAMHI.

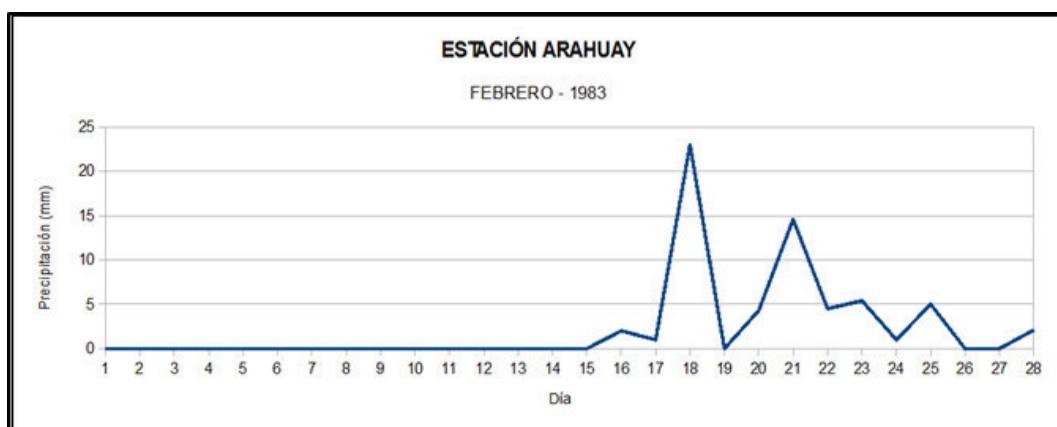


Gráfico N° 02. Precipitación diaria del mes de febrero de 1983. Fuente: SENAMHI.

3.2.3.2. Marzo 1987

Para este periodo se utilizó la estación meteorológica Autisha, la cual se ubica a 10 km de la zona alta de la cuenca de Jicamarca (al igual que Arahua), a una altura de 2479 msnm en la cuenca del río Santa Eulalia, cuyas coordenadas UTM son 324396 E y 8701872 N. El Gráfico N° 03 indica la precipitación diaria para el mes de Marzo. El día nueve se suscitó la ocurrencia de un evento aluvional en la quebrada.



Gráfico N° 03. Precipitación diaria del mes de marzo de 1987. Fuente: SENAMHI.

3.2.3.3. Febrero 1998

Para el registro de las precipitaciones se utilizaron dos estaciones meteorológicas, Autisha para la zona alta de la cuenca de Jicamarca y Chosica para el sector medio de esta. La estación Chosica se localiza a una altura de 2479 msnm en la cuenca del río Santa Eulalia, cuyas coordenadas UTM son 315962 E y 8680610 N. Los Gráficos N° 04 y 05 muestran las precipitaciones diarias de estas estaciones para el mes de Febrero. La ocurrencia aluvional en la quebrada, se suscitó el día 22.



Gráfico N° 04. Precipitación diaria del mes de febrero de 1998 (Estación Autisha). Fuente: SENAMHI.

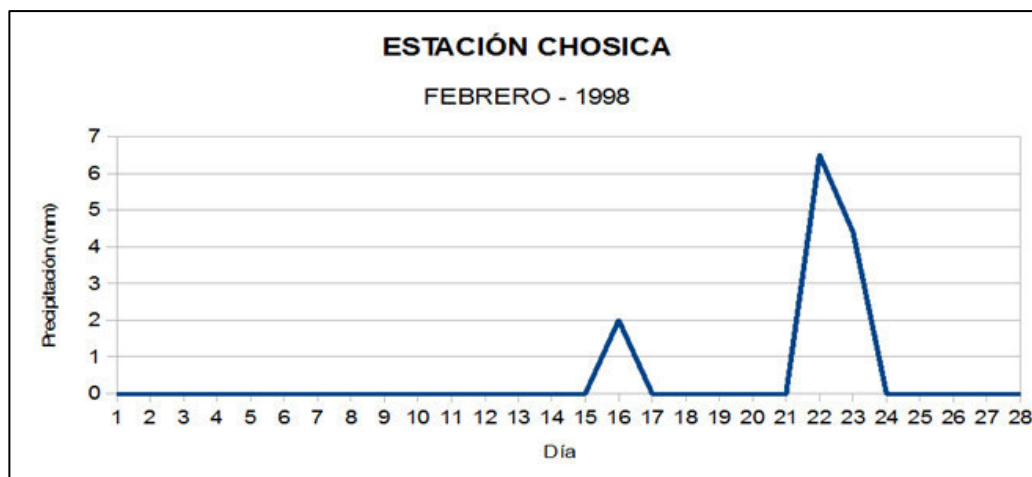


Gráfico N° 05. Precipitación diaria del mes de febrero de 1998 (Estación Chosica). Fuente: SENAMHI.

3.2.3.4. Enero y Marzo 2017

Para el procesamiento de datos meteorológicos del mes citado, se utilizó información de la estación Chosica, que se presenta en los Gráficos N° 06 y 07, correspondiente a las precipitaciones diarias para los meses de enero y marzo respectivamente. Se hace recordar que las ocurrencias aluvionales en la quebrada Jicamarca, se suscitaron el 31 de enero y 17 de marzo.

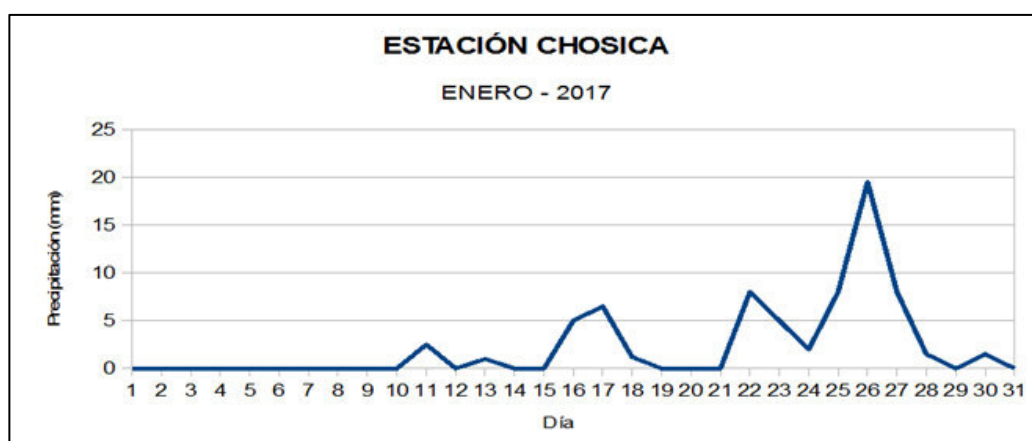


Gráfico N° 06. Precipitación diaria del mes de enero de 2017. Fuente: SENAMHI.



Gráfico N° 07. Precipitación diaria del mes de marzo de 2017. Fuente: SENAMHI.

La ocurrencia de los eventos aluvionales que ocasionaron daños en la población de Cajamarquilla durante el periodo 1983 – 2017, fue desencadenado por precipitaciones pluviales diarias superiores a los 10 mm, según los registros de la estación meteorológica Autisha.

3.3. Vulnerabilidad

En el presente capítulo se describen las pautas para la evaluación de la vulnerabilidad social, económica y ambiental del poblado de Cajamarquilla, expuesto a la ocurrencia de eventos aluvionales.

3.3.1. Primer asentamiento poblacional

Como parte inicial de la evaluación de la vulnerabilidad, es necesario conocer el desarrollo y crecimiento urbano del poblado de Cajamarquilla, con la finalidad de inferir la tendencia de los nuevos cambios de uso del suelo que se han venido suscitando desde su primera ocupación.

El nombre del centro poblado Cajamarquilla, proviene de la ciudadela del mismo nombre establecida en la margen izquierda del cauce de la quebrada Jicamarca.

La ciudadela citada fue un antiguo e importante centro teocrático y comercial, que se desarrolló entre los años finales del periodo Intermedio Temprano (aprox. 200 – 700 d.C) y la conquista del imperio Incaico (1450 a.C) (Ministerio de Cultura, 2013)

Cajamarquilla se encuentra en un punto intermedio entre el valle bajo y medio del valle Rímac, con acceso hacia las zonas más altas propias de la *chaupi yunga* (Canziani, 2009). Esta zona fue un área de tierra muy fértil y la principal ruta comercial entre el Altiplano (serranía de Canta) y las comunidades de la costa del Pacífico. La ciudadela devino, por tanto, en un importante centro comercial durante la llamada Cultura Lima y posteriormente durante la Cultura Ychma (Cuadro N° 08).

PERIODOS	AÑOS	SOcIEDADES EN LA COSTA CENTRA	SITIOS REPRESENTATIVOS
Horizonte Tardío	1476 – 1532 d.C.	Inca – Ychma	Pachacamac / Puruchuco
			Tambo Inga / Cerro Matabuey
Intermedio Tardío	1000 – 1476 d.C.	Ychma Chancay	Pachacamac / Maranga
			Mateo Salado / Mangamarca
			Cajamarquilla
Horizonte Medio	600 – 1000 d.C.	Nievería (Influencia Wari)	Pachacamac / Nievería
			Cajamarquilla
Intermedio Temprano	200 a.C. - 600 d.C.	Lima	Pachacamac / Maranga / Pucllana
			Culebras / Huaca Trujillo
			Cajamarquilla

Cuadro N° 08. Cronología de la ciudadela de Cajamarquilla. Fuente: Ministerio de Cultura (2013).

Debe observarse que, la Cultura Lima deshabitó la ciudadela de Cajamarquilla durante el Horizonte Medio (600 – 1000 d.C), predominando un periodo de abandono. Se tiene como teoría, que un drástico cambio climático habría producido un exceso de lluvias causando aluviones que destruyeron los canales y reservorios que

alimentaron de agua a Cajamarquilla seguidos de un período seco, lo que finalmente obligó al abandono del lugar (Tavera L., s.f.).

Durante el Intermedio Tardío, se produce un renacimiento de la ciudadela de Cajamarquilla por los Ychmas (Mogrovejo y Makowski 1999), ligado posiblemente a un período húmedo del clima, que habría traído de nuevo agua por el Huaycoloro, permitiendo el segundo momento de vida de la citada ciudadela alrededor del año 1000 d.C (Tavera L., s.f.).

La construcción de Cajamarquilla. Fue edificada íntegramente con muros de tierra, de dimensiones más anchas en la parte baja (hasta 3 m) y más delgadas en la parte alta por razones de estabilidad y posiblemente como protección ante las crecidas del caudal del Huaycoloro (Ministerio de Cultura, 2013).

A pesar de haber sido un centro de relevante importancia, no se cuenta con crónicas o documentos de funcionarios españoles que detallen el fin y el abandono de la ciudadela. Se deduce que a la llegada de los españoles, Cajamarquilla ya estaba deshabitada (Tavera L., s.f.).

Posteriormente en el siglo XVIII, Cajamarquilla junto a Nievería y Jicamarca constituyeron un fundo cuya actividad económica principal era la siembra y cosecha de algodón. Los primeros pobladores y a su vez trabajadores del citado fundo, inmigraron desde la sierra del país (Ayacucho y Huancavelica).

En la época de la reforma agraria (1975), el 70% del citado fundo pasan a posesión de los trabajadores, que diversifican el uso de estas tierras al establecimiento de granjas (Cajamarquilla) y la producción de ladrillos (Nievería). Éste último, tuvo un auge comercial en las décadas de los años 1980 – 90.

Debe recordarse que en el periodo de la post-reforma agraria, nacen las primeras asociaciones de vivienda producto de las agrupaciones entre los poseedores citados, una de ellas es la Asociación Hacienda Nievería (OSEL, 2008). Luego, con la venta de terrenos empiezan a aparecer los demás sectores urbanos tales como El Ayllu, Jardines de la Florida, Riberas de Cajamarquilla, Saracoto, Villa Florida, Residencial Cajamarquilla, Lotización Cajamarquilla, Los Claveles y Milenium. Estos 9 sectores mencionados y caracterizados en el capítulo 3, serán materia de investigación a lo largo de este ítem.

3.3.2. Análisis de Vulnerabilidad

A partir de estudios socio-ambientales y el análisis espacial de las condiciones de vulnerabilidad por Daga (2015) y Durán (2017) respectivamente, se reconocieron los siguientes indicadores de evaluación, los cuales bajo un Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) se estimaron los valores cuantitativos de cada uno.

Es preciso indicar que este PAJ, fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty para resolver problemas complejos de criterios múltiples.

Debe resaltarse que, para la descripción y análisis de los indicadores y/o variables de evaluación se utilizó información primaria (encuestas y observaciones en campo) y secundarias (Base estadística de INEI).

Las encuestas fueron aplicadas a una muestra de la población total del centro poblado de Cajamarquilla (438 viviendas), resultante de la siguiente ecuación por proporción poblacional de Berenson, Levine y Krehbiel (2001).

$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$	n= Tamaño de la muestra
	Z= Nivel de confianza deseado
	p= Proporción de la población con la característica deseada (éxito)
	q= Proporción de la población sin la característica deseada (fracaso)
	e= Nivel de error dispuesto a cometer
	N= Tamaño de la población

Asumiendo un margen de error del 10 %, un nivel de confianza del 90% y una total de 438 hogares, se estimó que la muestra total es de 68 hogares a los cuales se le aplicaron la encuesta socioeconómica que se muestra en el **Anexo 01**.

3.3.2.1. Indicadores de evaluación social

Con la finalidad de estimar el valor de la vulnerabilidad social en el poblado de Cajamarquilla se analizaron los siguientes indicadores, clasificados de acuerdo a:

3.3.2.1.1. Factor de exposición

a. Población adulta mayor

Ante la ocurrencia de eventos de origen natural como los aluviones, uno de los grupos etarios de la población total del centro poblado de Cajamarquilla susceptibles a ser afectados severamente, son los que conforman el grupo del adulto mayor.

La movilización de este grupo a espacios seguros ante la ocurrencia aluvional es más lento, por ello, se observa en su mayoría una actitud fatalista ante una situación de riesgo.

En el siguiente Cuadro N° 09, se describe la dinámica demográfica de este grupo etario entre los años de 1993 y 2012, para el centro poblado de Cajamarquilla.

Grupo	1993	2012
Población adulta mayor	15	80

Cuadro N° 09. Población adulta mayor estimada en el centro poblado de Cajamarquilla. **Fuentes:** Censo Nacional de Población y Vivienda - INEI (1993) & Distribución de población y vivienda (Alarcón, 2012).

Se observa en el Cuadro N° 09 que la población adulta mayor del poblado de Cajamarquilla para el año 2012 supera en una proporción de 1 a 5 respecto a los datos del año de 1993. Esto implica un 2.5 % del total de habitantes del centro poblado en mención (3078 habitantes) expuestos a la ocurrencia de eventos aluvionales y sin conocimiento de planes de prevención ante un desastre.

b. Población infantil

Es otro de los grupos etarios de la población total de Cajamarquilla susceptibles a ser afectados severamente ante la ocurrencia de eventos aluvionales.

En el siguiente Cuadro N° 10, se describe la dinámica demográfica de este grupo etario entre los años de 1993 y 2012, para el centro poblado de Cajamarquilla.

Grupo	1993	2012
Población infantil	142	730

Cuadro N° 10. Población infantil estimada en el centro poblado de Cajamarquilla. **Fuentes:** Censo Nacional de Población y Vivienda - INEI (1993) & Distribución de población y vivienda (Alarcón, 2012).

Se observa en el Cuadro N° 10 que la población infantil (comprendida entre 0 – 14 años) del poblado de Cajamarquilla para el año 2012 se aproxima a una proporción de 1 a 5 respecto a los datos del año de 1993. Esto implica un 24 % del total de habitantes del centro poblado en mención (3078 habitantes)

expuestos a la ocurrencia de eventos aluvionales y sin conocimiento de planes de prevención ante un desastre, a partir de programas de gestión del riesgo para niños.

3.3.2.1.2. Factor de fragilidad

Referido a las necesidades básicas insatisfechas de la población de Cajamarquilla y las condiciones de informalidad.

c. Necesidades básicas insatisfechas

Las 480 viviendas que conforman el centro poblado de Cajamarquilla, no cuentan con servicios de agua potable y alcantarillado, hecho que genera un incremento de la insalubridad en la población y la posterior influencia de epidemias y enfermedades distintas.

d. Condiciones de informalidad

En el contexto social, la informalidad es representada por la ubicación y/o establecimiento de viviendas e infraestructuras educativas y sociales tales como comedores populares, guarderías públicas, entre otros, en espacios o zonas de influencia del evento aluvional. Se observó que aproximadamente el 40% del total de manzanas prediales constituidas por las distintas viviendas del poblado de Cajamarquilla (18 manzanas en total), se encuentran expuestas y establecidas en el área de influencia del evento

3.3.2.1.3. Factor de resiliencia

Con la finalidad de evaluar la capacidad de recuperación, luego del impacto del evento aluvional en las actividades del centro poblado de Cajamarquilla, se analizaron los siguientes parámetros, a partir de la aplicación de encuestas a los 68

hogares que, son la muestra representativa del total que conforman el citado poblado (438 hogares).

e. Participación en grupos sociales

La participación de la población en grupos sociales, es un indicador de resiliencia que permite establecer integradamente las acciones referidas a la prevención de desastres en los hogares. Por ello, una comunidad organizada facilita la implementación de programas y proyectos de conservación ambiental, además de la gestión del riesgo. En el Gráfico N° 08, se describe el resultado obtenido por la encuesta aplicada a los 68 hogares citados anteriormente.



Gráfico N° 08. Participación de la población de Cajamarquilla (muestra: 59 hogares) en algún grupo social.

En el Gráfico N° 09 se observa que el 90% de los 438 hogares que conforman el centro poblado de Cajamarquilla, se identifica y pertenece al menos a un grupo social. Este grupo social básico es la junta de propietarios de cada asociación de vivienda, cuyas reuniones se efectúan una vez al mes regularmente, ello implica

una facilidad para la implementación y/o capacitación de programas para la reducción del riesgo.

f. Educación secundaria completa

Una comunidad preparada es consciente de la importancia en la prevención de desastres y las consecuencias resultantes de la ocupación en zonas expuestas a la ocurrencia de eventos de origen natural como los aluviones, para este caso. El mayor conocimiento educativo facilita la implementación de acciones de reducción del riesgo, por ello se estableció como conocimiento mínimo de la población de Cajamarquilla la secundaria completa, cuyos resultados se expresan en el Gráfico N° 09.

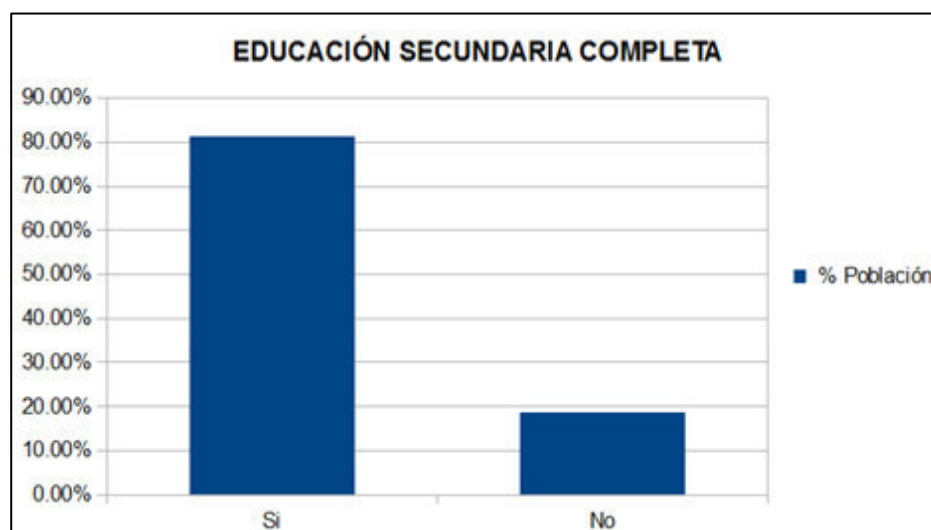


Gráfico N° 09. Porcentaje de la población de Cajamarquilla con secundaria completa (muestra: 59 hogares).

Aproximadamente el 80% de la población adulta total de Cajamarquilla cuenta con secundaria completa. Este indicador permite establecer con facilidad acciones y medidas de reducción del riesgo ante eventos aluvionales, además de generar una actitud preventiva en la población.

3.3.2.2. Indicadores de evaluación económica

Con la finalidad de estimar el valor de la vulnerabilidad económica en el poblado de Cajamarquilla se analizaron los siguientes indicadores, clasificados de acuerdo a:

3.3.2.2.1. Factor de exposición

a. Actividades socioeconómicas expuestas

A partir del uso de la delimitación del evento aluvional por relatos históricos y crónicas, expresado en la Figura N°12, se reconocieron las siguientes actividades socioeconómicas expuestas a la ocurrencia de este evento, expresado en el cuadro N° 11 (Información recopilada en el 2017).

Actividad Socioeconómica	N° de establecimientos	Área (Ha)
Agricultura	15	25.0
Industrial	9	14.7
Pecuaría	4	9.7
Total	28	49.4

Cuadro N° 11. Actividades económicas para el año 2017 expuestas a la ocurrencia de eventos aluvionales por número de establecimientos y hectárea.

Respecto a las infraestructuras socioeconómicas establecidas en el poblado de Cajamarquilla, se observa que todas ellas se encuentran expuestas a la ocurrencia de eventos aluvionales, cuya ocupación territorial se aproxima al 50% del área total del mencionado poblado (69 ha).

3.3.2.2.2. Factor de fragilidad

b. Tasa de desocupación

Para el caso de Cajamarquilla la tasa de desempleo entre los años de 1993 y 2007 aumentó en un 2% (Cuadro N° 12).

	1993	2007
Tasa de desocupación	1.5	3.5

Cuadro N° 12. Variación de la tasa de desempleo en el centro poblado de Cajamarquilla. **Fuentes:** Censo Nacional de Población y Vivienda - INEI (1993 y 2007).

Si bien la cantidad de personas desempleadas no supera ni el 5% de la población total de Cajamarquilla, el incremento de más de 130% respecto a la tasa de 1993, es un indicador de gran consideración; puesto que, dicho grupo está sujeto a la prestación de servicios de oficios informales.

c. Valoración predial

Las 458 infraestructuras que forman parte del centro poblado de Cajamarquilla y son materia de investigación en el análisis de la vulnerabilidad, ocupan un espacio territorial total de 69 hectáreas.

Los tipos de usos del suelo reconocidos en el lugar, permitieron estimar el valor referencial del predio, con la finalidad de analizar la fragilidad económica en términos de valor monetario (Durán, 2017), considerándose así valores de fragilidad alta en predios con mayor inversión. En la Figura N° 15 y el Cuadro N° 13, se expresa el uso actual del suelo (para el año 2017) y la ocupación de la superficie, esta última se grafica a nivel de manzanas, en porcentaje (%).

Asimismo, en el Cuadro N° 14, se categorizan los distintos tipos de usos del suelo por nivel de inversión: Baja, Media, Alta y Muy Alta.

Uso del suelo \ \$	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Comercial Pecuario (CP)			X	
Residencial (RE)			X	
Educativo (ED)			X	
Recreativo (RC)	X			
Agricultura (AG)	X			
Industrial (IN)				X

Cuadro N° 13. Centro poblado de Cajamarquilla. Categorización del uso del suelo por nivel de inversión. Fuente: propia.

Uso del suelo	Sup. Ocupada (m2)	%
Comercial Pecuario (CP)	159681	23.1%
Residencial (RE)	109587	15.9%
Educativo (ED)	2347	0.3%
Recreativo (RC)	21952	3.2%
Agricultura (AG)	250856	36.3%
Industrial (IN)	146920	21.3%
Total	691344	100.00%

Cuadro N° 14. Centro poblado de Cajamarquilla. Área ocupada de acuerdo al tipo de uso actual del suelo (2017). Fuente: Propia.

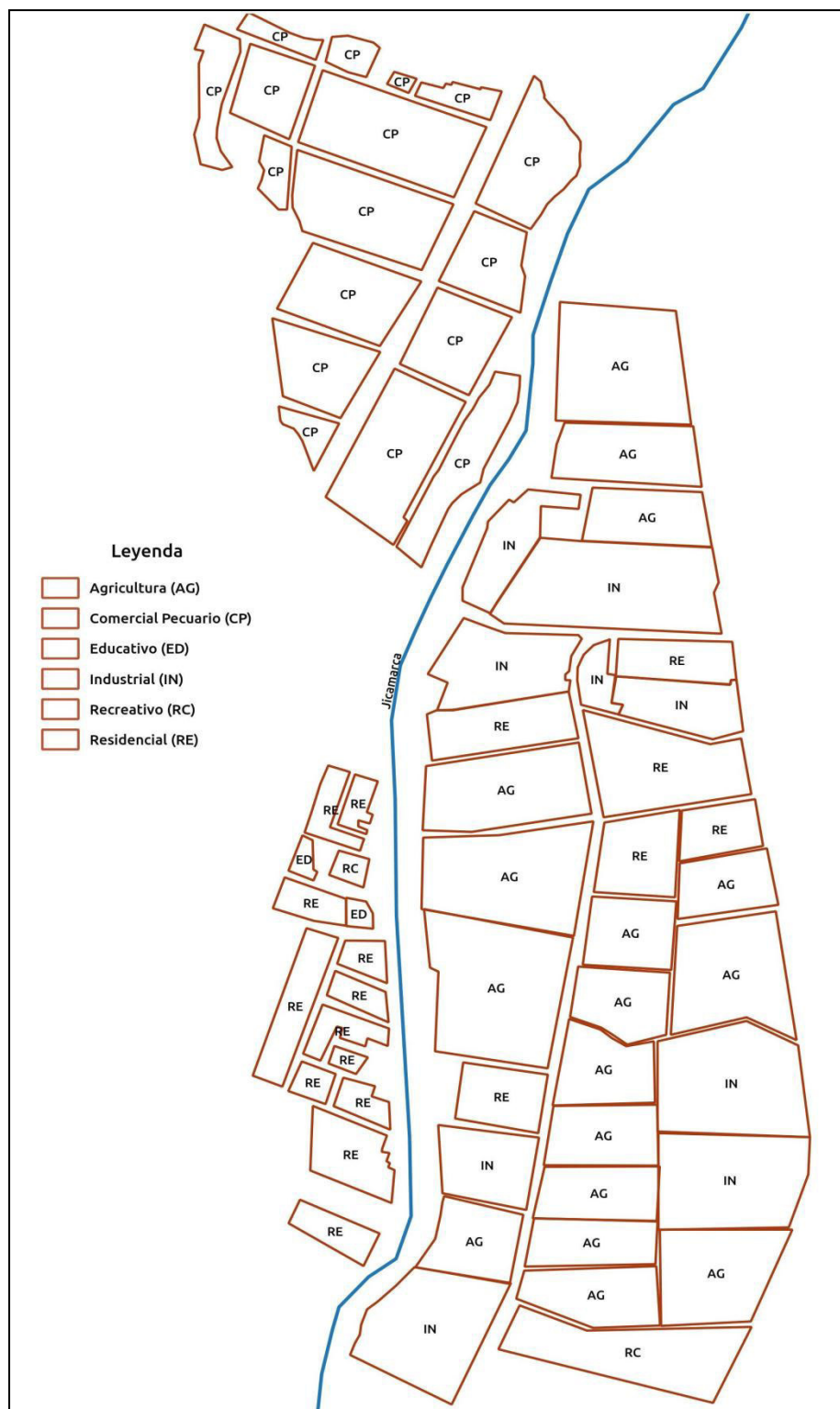


Figura N° 15. Uso actual del suelo en el poblado de Cajamarquilla.

El área ocupada en la que se desarrolla la actividad agrícola abarca el 36.3 % de la superficie total de la zona de estudio (centro poblado de Cajamarquilla). Este tipo de uso es el predominante en el lugar y el más susceptible al impacto de eventos aluvionales, por su localización próxima al cauce Jicamarca.

La actividad comercial pecuaria, ocupa el 23.1 % de la superficie total de Cajamarquilla, siendo la segunda actividad económica más susceptible a la ocurrencia aluvional por su proximidad al cauce Jicamarca. Esta actividad se desarrolla en las inmediaciones del sector de Saracoto (margen derecha del cauce Jicamarca).

Las infraestructuras de uso industrial ocupan el 21.3 % del área total del poblado de Cajamarquilla. Se localizan en la margen izquierda del cauce citado. La construcción de dichas infraestructuras presenta una mayor inversión, lo cual indica que ante la ocurrencia de eventos aluvionales en el lugar, el impacto producido ocasionaría considerables pérdidas.

Las viviendas que conforman el uso residencial en el lugar, ocupan el 15.9 % del área total de Cajamarquilla y se localizan en su mayoría en la margen derecha del cauce.

Las actividades educativas y los espacios recreativos ocupan el 3.5 % del área total del poblado de Cajamarquilla.

3.3.2.2.3. Factor de resiliencia

Caracterizado por la capacidad económica de la población de Cajamarquilla para afrontar el impacto de ocurrencias aluvionales.

d. Promedio de ingreso familiar mensual

Haciendo uso del estudio de niveles socioeconómicos 2016 de Lima metropolitana, realizado por la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (Apeim), se estimaron los intervalos de ingresos familiares mensuales por los siguientes niveles:

- NSE (E y D): Nivel socioeconómico E y D, representado por hogares cuyo ingreso familiar mensual no superan los S/. 2321.00
- NSE (C): Nivel socioeconómico C, representado por hogares cuyo ingreso familiar mensual no superan los S/. 3446.00 ni son inferiores a los S/. 2321.00
- NSE (B): Nivel socioeconómico B, representado por hogares cuyo ingreso familiar mensual no superan los S/. 5606.00 ni son inferiores a los S/. 3446.00
- NSE (A): Nivel socioeconómico A, representado por hogares cuyo ingreso familiar mensual supera los S/. 5606.00

Realizada la categorización de la población por nivel socioeconómico, se dispuso la ejecución de la encuesta (Anexo 01) a los 59 hogares que representan la población total de Cajamarquilla, obteniendo los siguientes resultados descritos en el Gráfico N° 10.

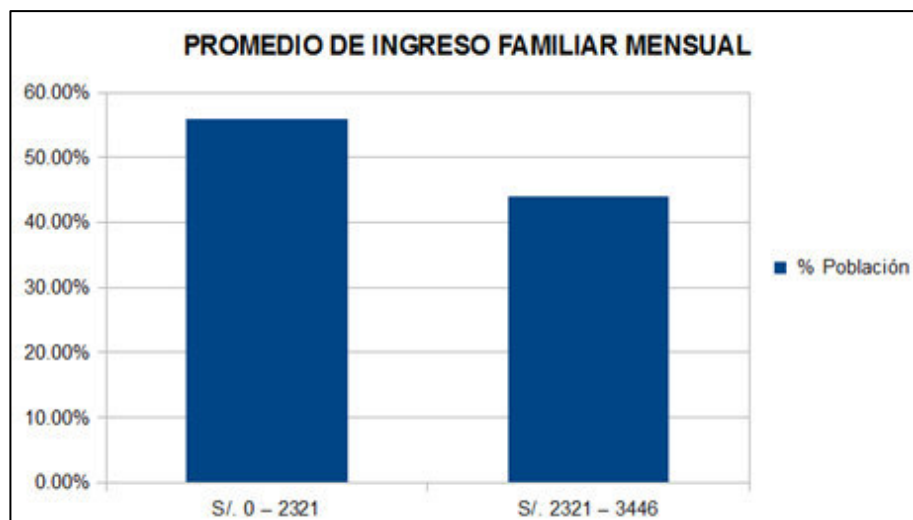


Gráfico N° 10. Categorización de la población de Cajamarquilla por ingreso familiar mensual.

En el Gráfico N° 10 se observa que, existe una predominancia de hogares de nivel socioeconómico E y D superior al 50%, con ingresos económicos no mayores a los S/.2321.00, sin embargo los hogares restantes clasificados como nivel socioeconómico C, con ingresos superiores a los S/.2321.00 pero no mayores a los S/. 3446.00, están representados por un 44%, con tendencia al crecimiento por la iniciativa en el hogar en alcanzar un mayor nivel de educación.

3.3.2.3. Indicadores de evaluación ambiental

Con la finalidad de estimar el valor de la vulnerabilidad ambiental en el poblado de Cajamarquilla se analizaron los siguientes indicadores, clasificados de acuerdo a:

3.3.2.3.1. Factor de exposición

a. Área del poblado expuesto a aluviones

Como se observó en la Figura N° 16, el área total expuesta a la ocurrencia de eventos aluvionales del poblado de

Cajamarquilla es de 49.8 ha, representando más del 70% del área total del poblado (69 ha).

3.3.2.3.2. Factor de fragilidad

Luego de acaecido algún evento de origen natural, la disponibilidad de agua para el consumo humano es primordial para la reducción de posible proliferación de enfermedades respiratorias o epidemias. Asimismo, se observó en la etapa de inspección de campo, que este recurso (agua) es utilizada en el desarrollo de actividades agrícolas (cultivo de grass), cuyo tipo de riego más utilizado es por inundación; la mala calidad de este elemento en contacto directo con el agricultor y la población ocasionaría la adquisición de enfermedades en la piel, por ello se tomó en cuenta en el análisis de la fragilidad ambiental la calidad del agua en Cajamarquilla.

b. Calidad del agua

En la etapa de inspección de campo se observó que los 478 hogares que conforman el poblado de Cajamarquilla, no cuentan con el servicio de agua potable, este recurso se suministra a través de camiones cisternas cuyo costo por m³ es aproximadamente de S/. 15.00, gasto muy elevado a diferencia de un consumo por conexión directa con Sedapal. Es preciso indicar que, la calidad y sanidad de este recurso no es controlada ni certificada, por lo cual la población se encuentra expuesta a la adquisición de algunas enfermedades.

El agua utilizada para la producción agrícola, transportada por canales de irrigación, se encuentra expuesta a elementos

orgánicos e inorgánicos desechados en dicho canal tanto por la población como por las empresas.

Es preciso indicar que a lo largo del cauce de la quebrada Jicamarca, se observó depósitos de basura y desagües de empresas industriales que al entrar en contacto con la población ocasionarían severos problemas en la salud por adquisición de enfermedades en la piel e infección (Figuras N° 16 y 17).



Figura N° 16. En la imagen se observan pequeños reservorios de agua a falta de una red de saneamiento.



Figura N° 17. Depósitos de basura y/o desechos antrópicos a lo largo del cauce de la quebrada Jicamarca.

3.3.2.3.3. Factor de resiliencia

El conocimiento y cumplimiento de normas ambientales, además de la preparación ante acontecimientos como eventos de origen natural, generan un ambiente de resistencia y adaptación al cambio en la comunidad. Para esta investigación, en el aspecto ambiental se consideraron los siguientes parámetros de evaluación.

c. Cumplimiento de políticas ambientales

La población de Cajamarquilla no cuenta con planes de cuidado ambiental, por ello el cumplimiento de normativas y/o políticas ambientales es inverosímil. En la Figura N° 20 se observa como ejemplo del incumplimiento de normas ambientales el desecho de basura en el cauce de la quebrada Jicamarca, esto implica la reducción del ancho del citado cauce, ocasionando posteriormente el desborde de los flujos aluvionales. Asimismo, en el sector de Saracoto se observó el establecimiento de huertos para la crianza de porcinos en malas condiciones de salubridad, lo que implica la ausencia de controles de sanidad e incumplimientos de normas referidas al cuidado de la salud de la población (Figura N° 18).

Ante la ocurrencia de eventos de origen natural y la falta de servicios de agua y saneamiento en Saracoto, la proliferación de enfermedades y/o epidemias por parte de la insalubridad de los huertos citados se sostendrán, ocasionando graves daños en la salud de los pobladores tanto del sector en mención como los demás aledaños, pertenecientes todos ellos al centro poblado Cajamarquilla.



Figura N° 18. Establecimiento de huertos para la crianza de porcinos, sin control de sanidad.

d. Capacitación en temas de conservación ambiental y prevención ante desastres

La encuesta realizada en Cajamarquilla, reconoció que el 88 % de la población total del citado lugar no recibe capacitación en temas de conservación ambiental ni en planes o programas de prevención ante desastres.

La falta de programas o planes referidos al cuidado ambiental y prevención de desastres, ocasionan el aumento de daños tanto en el aspecto social como en lo estructural. Una población no preparada, es una población con alto riesgo y pocas probabilidades de recuperación ante el impacto del peligro.

El 12% restante de la población total, indicó que una vez al año recibían charlas del cuidado en la salud, a partir del adecuado uso y tratamiento del agua potable recaudada en los pequeños reservorios, con la que cada vivienda cuenta. Además, en dicha reunión anual se realizaban campañas de vacunación y el correcto manejo de los desechos orgánicos para la reducción de probables epidemias que se puedan producir.

3.3.2.4. Estimación del nivel de vulnerabilidad

Como se citó anteriormente, en el presente acápite se estimó numéricamente el valor de la vulnerabilidad del poblado de Cajamarquilla ante la ocurrencia de aluviones. Para ello, el valor de cada indicador de análisis de la dimensión, social, económica y ambiental descrito anteriormente, fueron calculados bajo un Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) cuya base teórica se describe en el **Anexo 02** (Toskano & Gerard, 2005).

El valor numérico de cada indicador es validado con la relación de consistencia (RC), que indica si los criterios utilizados para la comparación de pares de los indicadores son los adecuados; por ello, el valor del RC no debe superar el 10% ($RC < 0.1$).

Es importante entender que para calcular el RC, se debe tener en cuenta la relación entre el índice de consistencia (IC) y el índice aleatorio (IA), definido el primero como la relación de consistencia de la matriz y el segundo como un valor constante dependiente de la cantidad de indicadores utilizados en la matriz, que para este caso el IA es 0.525 (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2001).

En el Cuadro N° 15, se observan los valores del índice y la relación de consistencia de las matrices (3x3) utilizadas en la estimación de los niveles de vulnerabilidad social, económica y ambiental de Cajamarquilla (el cálculo de estos índices se describen en el **Anexo 03**).

IC	0.019
RC	0.037

Cuadro N° 15. Índice y relación de consistencia.

3.3.2.4.1. Vulnerabilidad social

Valor estimado por los factores de exposición, fragilidad y resiliencia, descrito en los Cuadros N° 16, 17, 18, 19 y 20.

a. Exposición

Población adulta mayor e Infantil	Peso: 1
Población total > 50%	0.633
Población total 25 – 50%	0.260
Población total < 25%	0.106

Cuadro N° 16. Valor del indicador de población adulta mayor e infantil.

b. Fragilidad

Necesidades básicas	Peso: 0.5
Sin servicios básicos	0.633
Cuenta con agua y alcantarillado	0.260
Cuentan con todos los servicios básicos	0.106

Cuadro N° 17. Valor del indicador de necesidades básicas.

Informalidad	Peso: 0.5
Total de hogares > 50%	0.633
Total de hogares 25 - 50%	0.260
Total de hogares < 25%	0.106

Cuadro N° 18. Valor del indicador de informalidad.

c. Resiliencia

Participación en grupos sociales	Peso: 0.5
Total de hogares > 50%	0.633
Total de hogares 25 – 50%	0.260
Total de hogares < 25%	0.106

Cuadro N° 19. Valor del indicador de participación en grupos sociales.

Educación secundaria completa	Peso: 0.5
Total de hogares > 50%	0.633
Total de hogares 25 – 50%	0.260
Total de hogares < 25%	0.106

Cuadro N° 20. Valor del indicador de educación secundaria completa.

3.3.2.4.2. Vulnerabilidad económica

Valor estimado por los factores de exposición, fragilidad y resiliencia, descrito en los Cuadros N° 21, 22, 23 y 24.

a. Exposición

Actividades socioeconómicas expuestas	Peso: 1
Industrial	0.633
Agricultura	0.260
actividad pecuaria	0.106

Cuadro N° 21. Valor del indicador de actividades socioeconómicas expuestas. La actividad industrial representa una inversión muy alta, que sería afectada.

b. Fragilidad

Tasa de desocupación	Peso: 0.5
Incremento del porcentaje de desempleo > 50%	0.633
Incremento del porcentaje de desempleo 25 – 5	0.260
Incremento del porcentaje de desempleo < 25%	0.106

Cuadro N° 22. Valor del indicador de tasa de desocupación.

Valoración predial	Peso: 0.5
Suelo de uso industrial y agropecuario	0.633
Suelos de uso recreativo y residencial	0.260
Suelos sin uso	0.106

Cuadro N° 23. Valor del indicador de valoración predial.

a. Resiliencia

Ingreso económico mensual familiar	Peso: 1
S/. 0 – 2321.00	0.633
S/. 2321.00 – 3446.00	0.260
> S/. 3446.00	0.106

Cuadro N° 24. Valor del indicador de ingreso económico mensual familiar.

3.3.2.4.3. Vulnerabilidad ambiental

Valor estimado por los factores de exposición, fragilidad y resiliencia, descrito en los Cuadros N° 25, 26, 27 y 28.

a. Exposición

Área total expuesta al peligro	Peso: 1
Área total > 50%	0.633
Área total 25% - 50%	0.260
Área total < 25%	0.106

Cuadro N° 25. Valor del indicador del área total expuesta.

b. Fragilidad

Calidad del agua potable y de uso agrícola	Peso: 1
Mala (inaceptable)	0.633
Regular (requiere tratamiento)	0.260
Buena	0.106

Cuadro N° 26. Valor del indicador de la calidad del agua potable y de uso agrícola.

a. Resiliencia

Cumplimiento de políticas ambientales	Peso: 0.5
Se cumple	0.633
Se cumple parcialmente	0.260
No se cumple	0.106

Cuadro N° 27. Valor del indicador del cumplimiento de políticas ambientales.

Capacitación ambiental y riesgo	Peso: 0.5
Población capacitada > 50%	0.633
Población capacitada 25 - 50%	0.260
Población capacitada <25%	0.106

Cuadro N° 28. Valor del indicador de la capacitación ambiental y riesgo.

3.3.2.4.4. Estimación del nivel de vulnerabilidad

Es preciso indicar que, el resultado de la sumatoria del producto de cada indicador con el respectivo peso de la variable, clasificados de acuerdo al factor de vulnerabilidad correspondiente (descrito entre los cuadros 16 – 28), se multiplica por el valor de cada uno de estos factores. Ejemplo aplicativo para los demás factores:

$$Res = (\sum InxPesoVal + InxPesoVal + \dots + n) \times ValRes$$

Dónde:

Res: Factor de resiliencia.

In: Valor del indicador predominante.

PesoVal: Valor de la variable analizada.

ValRes: Valor del factor de resiliencia.

Esta misma ecuación se aplica para los demás factores de análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental.

El valor de cada factor de análisis de vulnerabilidad, se estimó a partir del uso del proceso de análisis jerárquico, descrito en el **Anexo 02**, que dio como peso resultante para el factor de exposición 0.633, fragilidad 0.106 y resiliencia 0.260.

La sumatoria de los valores de cada factor de análisis y la clasificación del nivel de vulnerabilidad descrito en el cuadro N° 29, permitieron estimar los siguientes niveles (Cuadros N° 30, 31 y 32):

0.370-0.633	Alto
0.260-0.370	Medio
0.106-0.260	Bajo

Cuadro N° 29. Clasificación del nivel de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad	Valor
social	0.376

Cuadro N° 30. Nivel de la vulnerabilidad social: Alto.

Vulnerabilidad	Valor
económica	0.632

Cuadro N° 31. Nivel de la vulnerabilidad económica: Alto.

Vulnerabilidad	Valor
ambiental	0.454

Cuadro N° 32. Nivel de la vulnerabilidad ambiental: Alto.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN

El principal tipo de movimiento en masa reconocido en la quebrada Jicamarca es el evento aluvional, cuyas ocurrencias se suscitaron desde épocas preincaicas, con consecuencias que acarrearón la destrucción de viviendas, áreas agrícolas, huertos y la pérdida de vidas humanas.

Los últimos eventos aluvionales documentados y descritos anteriormente, fueron los de 1983, 1987, 1998 y 2017, todos se originaron a causa de las intensas precipitaciones suscitados por eventos El NIÑO (ENSO), sumado a las características geológicas (rocas intrusivas con alto proceso de meteorización) y geomorfológicas (montañas con pendientes superiores a los 30°, cárcavas > 30° y llanura aluvial con pendiente suave < 10°) del lugar; el área del poblado de Cajamarquilla afectada fue de casi 50 hectáreas para el evento del 2017 con daños en las distintas áreas agrícolas e inhabilitación de viviendas.

La morfogénesis de la quebrada Jicamarca, indica la formación de flujos aluvionales, a partir del escurrimiento superficial en la zona de captación que acarrea a lo largo de sus canales de transporte, materiales finos. Por su paso en el sector intermedio de la cuenca y dado el alto proceso de meteorización generado en esta zona, el flujo transforma su fase lodosa a una hiperconcentrada por el transporte de materiales finos y clastos de diferentes dimensiones, obtenidos de los torrentes situados en la margen izquierda y derecha del cauce principal de la quebrada Jicamarca, además de los diferentes taludes de derrubios delimitados.

Este flujo comienza a aminorar su fuerza y velocidad en la cuenca baja de la quebrada en mención, debido a la baja pendiente del lugar, que ocasiona la depositación de los materiales acarreados.

La susceptibilidad de la quebrada Jicamarca a la ocurrencia de eventos aluvionales, presenta un índice del 60%, que lo categoriza como una

quebrada de alta susceptibilidad al evento citado. Este factor condicionante, sumado a las precipitaciones diarias superiores a los 10 mm, desencadenó el desborde de los flujos sobre el medio de vida de las poblaciones asentadas en la zona de depositación o también denominada cuenca baja.

Todo este material acarreado impacta en primera instancia al poblado de Cajamarquilla, constituido por 438 viviendas y 3078 habitantes, los cuales presentan en conjunto un nivel de vulnerabilidad social alta, vulnerabilidad económica alta y vulnerabilidad ambiental alta; esto debido a distintos factores como el incremento de la población adulta mayor e infantil expuesta al evento, población total no capacitada en temas de conservación ambiental y gestión del riesgo de desastres, incremento en las tasas de desocupación, falta de servicios básicos como el agua potable y alcantarillado, entre otros.

Al término de la inspección de campo, se observó que el poblado de Cajamarquilla se abastece de agua potable por medio de camiones cisternas, esto implica el desconocimiento de la salubridad en la distribución y acopio de este elemento vital.

Al no contar con un sistema de alcantarillado, la proliferación de epidemias y/o enfermedades infectocontagiosas en la población se intensifican.

Se observó que estas enfermedades pueden presentar origen en dos zonas: a lo largo del cauce de la quebrada, por los desechos de material antrópico depositados ahí y en Saracoto, esta última es una asociación de vivienda dedicada a la crianza de porcinos, que por observación en campo se infiere que se desarrolla en un ambiente informal e insalubre, de gran implicancia en la salud de la población.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El nivel de vulnerabilidad social estimado para el poblado de Cajamarquilla es 0.376, clasificado como alto. La característica resaltante es la falta de servicios básicos en la vivienda que mejora la calidad de vida.
- El nivel de vulnerabilidad económica estimado para el poblado de Cajamarquilla es 0.632, clasificado como alto. La característica resaltante es la pérdida económica de las industrias establecidas en el área de influencia del evento.
- El nivel de vulnerabilidad ambiental estimado para el poblado de Cajamarquilla es 0.454, clasificado como alto. La característica resaltante es la ausencia de un manejo de residuos sólidos, que ocasionan enfermedades en la población del lugar y aseveraría las condiciones de salud ante un desastre.
- El poblado de Cajamarquilla está constituido por 438 viviendas y 3078 habitantes (correspondiente al año 2012) entre niños, jóvenes, adultos y ancianos.
- El principal evento de origen natural que afecta al poblado de Cajamarquilla es el aluvión, el cual impacta al citado lugar en su fase de lodo.
- El poblado de Cajamarquilla se establece a lo largo de una llanura aluvial con una pendiente promedio de 8°.
- La quebrada Jicamarca se encuentra constituida en su mayor parte por roca intrusiva, por ello el tipo de suelo predominante en la zona es la arena.

- Las precipitaciones pluviales se suscitan anualmente en la quebrada entre los meses de enero y abril, con promedios diarios superiores a los 10 mm.
- Los eventos aluvionales se originan a partir de una secuencia de precipitaciones pluviales diarias superiores a los 10 mm/día.
- El nivel de susceptibilidad a eventos aluvionales en la quebrada Jicamarca es alta, cuya predisposición está sujeta a las precipitaciones superiores a los 10 mm/día
- El área expuesta y afectada por el impacto de eventos aluvionales en la quebrada Jicamarca es de aproximadamente 50 hectáreas.
- El establecimiento de las distintas empresas industriales en la zona, incrementa la pérdida económica ante el impacto de eventos aluvionales.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de un sistema de alerta temprana, para la reducción de daños ocasionados por el impacto de los aluviones en el poblado de Cajamarquilla.
- La implementación de programas de capacitación en temas de conservación ambiental y gestión del riesgo de desastres en el poblado de Cajamarquilla, generaría una mejor actitud preventiva ante el impacto de los eventos aluvionales.
- Para evitar los posibles desbordes del flujo aluvional, se recomienda el control de los desechos antrópicos depositados irregularmente a lo largo de su curso.
- Establecer una ruta y/o vía de transporte alternativa a la avenida Cajamarquilla para la evacuación de la población ante las ocurrencias

aluvionales, puesto que se observó que la citada avenida, única carretera de ingreso y salida a la zona, es afectada directamente e inhabilitada por el impacto del evento.

- Se recomienda un control del agua destinada para el consumo humano, recaudada en pequeños reservorios y/o tanques, para evitar la proliferación y adquisición de enfermedades.
- Es necesario el establecimiento de un plan de desarrollo urbano en el lugar con la finalidad de direccionar el crecimiento y desarrollo del poblado de forma ordenada, bajo el cumplimiento de políticas de prevención.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, W. (2012). Esquema Cajamarquilla, Nievería y Cerro Camote – Ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado de los sectores 129, 130, 131, 132, 133, 134 Y 135 – Distritos de Lurigancho y San Antonio de Huarochirí. Sedapal, páginas 1 – 7.
- Aguarón, J. and Moreno-Jiménez, J. M., (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. European Journal of Operational Research 147 (1), 137–145.
- American Geological Institute (A.G.I.) 1950. Dictionary of Geological Terms. Anchor Books, 472 p., Nueva York.
- Ascue, J. (1970). 30 mil son nuestros muertos. El Comercio, Pág. 1.
- Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados. (2016). Niveles socioeconómicos 2016. Recuperado de: <http://www.apeim.com.pe/wp-content/themes/apeim/docs/nse/APEIM-NSE-2016.pdf>
- Barrios, A., Quiñonez, E. (2000). Evaluación de la erosión utilizando el modelo (R) USLE, con apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los andes venezolanos. Revista Forestal Venezuela, 44(1). Pág 65 – 71.
- Berenson, Levine y Krehbiel “Estadística para Administración”, Pearson Educación, 2a Ed., México, 2001.
- Canziani, J. (2009). Ciudad y territorio en los andes. PUCP, Lima.
- Castillo, L (sin fecha), Herramienta para el modelamiento de flujos hiperconcentrados, presentación UNI-FIC, Lima.
- CENEPRED. (2013). MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS ORIGINADOS POR FENÓMENOS NATURALES. Lima – Perú.

- Crozier, M.J., (2005), Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach.
- Cruden, D.M., (1991), A simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247.
- Daga Diana. (2015). Evaluación de la vulnerabilidad socio-ambiental del periurbano de Mar del Plata. Estudios socioterritoriales N° 18, pág. 44-59.
- Durán Gil, C. A. (2017). Análisis espacial de las condiciones de vulnerabilidad social, económica, física y ambiental en el territorio colombiano. Perspectiva Geográfica, 22(1). doi: 10.19053/01233769.5956
- FAO, PNUMA & UNESCO. (1980). Mapa mundial de la erosión de los suelos. Recuperado de: http://edafologia.ugr.es/erosion/tema6_proyectos/6_proyectos2010.pdf
- Garrido, N (2012), Determinación de peligros de flujos de detritos en la quebrada de Macul, cuenca de Santiago, tesis de pregrado, Santiago – Chile.
- Grupo de Estándares para Movimientos en Masa. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas (4). Recuperado de <http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/442884/GuiaEvaPeligros.pdf>

- Hauser, A., 1995. Estudio de riesgos geológicos en sector de Lo Valdés, comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. SERNAGEOMIN, Santiago.
- Hocquenghem., A.M. & Ortlieb, L, 1992^a Eventos El Niño y lluvias anormales en la costa del Perú: siglos XVI-XIX. Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos, 21(1): 197-278.
- Hungr, O. (2001), Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience.
- Hungr, O. (2005), Classification and terminology.
- Hutchinson, J. N., (1968) - Mass Movement. In the Enciclopedia of Geomorphology (Fairbridge, R.W., ed., Reinhold Book Corp., New York).
- Hutchinson, J. N., (1988) - General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides (Ed: Bonnard, C.). Rotterdam: Balkema.
- INDECI (2010): Gestión del riesgo de desastres y terminología de Defensa Civil, Centro de Información del INDECI, Lima.
- INDECI. (2011). Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas. Recuperado de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-1a.pdf>
- Instituto Metropolitano de Planificación. 2007. Plano de zonificación de Lima Metropolitana – Lurigancho. Lima – Perú.
- Kaulicke, P. (1993). Evidencias paleoclimáticas en asentamientos del Alto Piura durante el periodo Intermedio Temprano. Boletín del instituto francés de estudios andinos, 22(1): 283 – 311.

- Kuroiwa, J. & Castro, L. (Junio de 1987). Planeamiento regional del departamento de Piura para la mitigación y (o) prevención de desastres. CISMID. 1^{Er} Simposium Nacional de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales. Simposium llevado a cabo en Lima, Perú.
- Lara, P. (2007). Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana. Santiago – Chile.
- Martinez, M. (2005). Estimación de la erosión del suelo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México D.F. - México.
- MEM (2007), Resumen de la Evaluación de Impacto Ambiental de la refinería de Cajamarquilla, Asuntos Ambientales Mineros, Lima.
- Ministerio de Cultura (2013). Cajamarquilla, centro de interpretación. Lima, pp 7 – 14.
- Mogrovejo, J. & Makowsky, C. (1999). Cajamarquilla y los Meganiños en el pasado Prehispánico. Lima, pp 46 – 57.
- Mora, R. (1992), Zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento: resultados obtenidos para la península de papagayo mediante la modificación del método mora-vahrson, Escuela Centroamerica de Geología, Costa Rica.
- Mora, C. Vahrson, W. (1993). Determinación de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Rev. Tecnología ICE.

- Nials, F.L., Deeds, E., Moseley, R.E., Pozorski, S.G., Pozorski, T. & Feldman, R.A., 1979 – El Niño: the catastrophic flooding of coastal Perú. Field Museum Natural History Bulletin, 50(8): 4 – 10 (part 2).
- Observatorio Socio Económico Laboral de Lima Norte (OSEL). 2008. Diagnóstico Situacional y Ejes de Desarrollo de Cajamarquilla, Jicamarca y Nievería: La pobreza como factor de desarrollo en áreas Peri-Urbanas de Lima Metropolitana. Lima.
- Ortlieb, L. & Macharé, J., 1993 – Former El Niño events: Records from western South America. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Global and Planetary Change, 7.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2012). Declaran el Estado de Emergencia en el distrito de Lurigancho Chosica, en la provincia y departamento de Lima. Recuperado de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/declaran-el-estado-de-emergencia-en-el-distrito-de-lurigancho-decreto-supremo-n-028-2012-pcm-765593-1/>
- Presidencia del Consejo de Ministros (2012): Declaración de estado de emergencia en el distrito de Lurigancho, Centro de Operaciones de Emergencia Nacional - PCM, Lima.
- Romero A. (2010), Estimado de descargas máximas en la cuenca microcuenca del Huaycoloro, Revista RIIGEO, UNMSM, Lima – Perú.
- Rubio, J.L., Sánchez, J., Sanroque, P. y Molina, M. J. (1984): Metodología de evaluación de la erosión hídrica en suelos del área mediterránea. Actas del I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Segovia, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 827-848.
- Sepúlveda, S.A., 1998. Metodología para Evaluar el Peligro de Flujos de

Detritos en Ambientes Montañosos: Aplicación en la Quebrada Lo Cañas, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título de Geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile.

- Servicio Nacional de Geología y Minería (2007): Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas, Canadá.
- Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (2011). Reglamento de la Ley N° 29664.
- Tavera, L. (sin fecha). Cajamarquilla. Recuperado de <http://www.arqueologiadelperu.com.ar/cajamarquilla.htm>
- Toskano, H, & Gérard, B. 2005. El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores: aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L. Tesis digital UNMSM. Lima – Perú.
- UNMSM, sala de hemeroteca: Diario el Comercio, Lima 1987.
- Walsh Perú. 2012. MODIFICACIÓN DEL EIA DE LA REFINERÍA CAJAMARQUILLA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE DEPÓSITO DE RESIDUOS POZA 6. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/225727317/Eia-de-La-Refineria-Cajamarquilla>
- WILCHES-CHAUX, GUSTAVO, "Anotaciones Sueltas para una Filosofía de los Desastres", conferencia presentada en el Primer Seminario sobre Manejo Participativo de Calamidades Públicas, Fundación Participar, Bogotá, 1985.
- Varnes, D.J., (1958) - Landslide types and processes in Eckel E.B., ed., Landslides and Engineering Practice, Highway Research Board Special Report 29, NASNRC Publication 544, Washington, D.C.

- Varnes, D. J., (1978) - Slope movement types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Vittorio, F. (2011). Introduction to the physics of landslides. Springer Science+Business. Roma, Italia. Doi 10.1007/978-94-007-1122-8